



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

**EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA, MÉXICO
2012-2017**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**P R E S E N T A
SALVADOR HUITRÓN GARCÍA**

DIRECTORES DE TESIS

DRA. EN C.A. Y R.N. RUTH MORENO BARAJAS

M. EN D.R. ELIGIO GARCÍA SERRANO

TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO; NOVIEMBRE DE 2019.





Colonia de Mariposa Monarca, Santuario El Rosario, 2019. Fotografía: Salvador Huitrón García.



Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*), 2019. Fotografía: Salvador Huitrón García.

Listado de acrónimos utilizados.

- ADVC.- Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación.
- ANP.- Áreas Naturales Protegidas.
- APFyF.- Área de Protección de Flora y Fauna.
- APRN.- Área de Protección de Recursos Naturales.
- CDB.- Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- CEPANAF.- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna.
- CI.- Comunidad Indígena.
- COFOM.- Comisión Forestal del Estado de Michoacán.
- CMM.- Complejo Mariposa Monarca.
- CONABIO.- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAFOR.- Comisión Nacional Forestal.
- CONANP.- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- DRBMM.- Dirección de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
- FAO.- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FIRCO.- Fideicomiso de Riesgo Compartido.
- GPS.- Global Positioning System-Sistema de Posicionamiento Global.
- IUCN. - International Union for Conservation of Nature.
- LGEEPA.- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- MN.- Monumentos Naturales.
- Msnm.- Metros sobre el nivel del mar.
- PACC.- Programa de Adaptación al Cambio Climático.
- PM.- Programa de Manejo.
- PMPM.- Programa de Mejores Prácticas de Manejo.
- PN.- Parque Nacional.
- PNUMA.- Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente.
- PP.- Pequeña Propiedad.
- PROBOSQUE.- Protectora de Bosques del Estado de México.
- PROFEPA.- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- RB.- Reserva de la Biosfera.
- RBMM.- Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
- SEMARNAP.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- SEMARNAT.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- TLCAN.- Tratado de Libre Comercio de América del Norte.
- UTM.- Universal Transverse Mercator.
- WWF.- World Wildlife Fund.

Resumen.

A cuatro décadas del descubrimiento de los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México, la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) se ha visto impactada por distintos disturbios ambientales que han degradado los bosques que utiliza la Mariposa Monarca para su hibernación. Ante la importancia ambiental, social y económica que representa la RBMM; diversas instituciones del gobierno federal y estatal de México, organizaciones de la sociedad civil, sociedad científica, ejidos, comunidades indígenas y propiedades privadas han invertido dinero, tiempo y trabajo, en acciones de restauración ecológica en la superficie protegida. Sin embargo, no se evalúa el impacto de las acciones que realizan para la recuperación forestal, de manera sistemática. En el presente estudio se revisaron los registros históricos de colonias de Mariposa Monarca publicados por Calvert, 1982; Calvert y Brower 1985; Mejía, 1991; Alonso, 1994; Hoth, 1994; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), 1997; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), ahora SEMARNAT, 1998; García-Serrano, 2002 y World Wildlife Fund (WWF), 2017. Los 766 registros identificados durante 40 años de monitoreo de los sitios de hibernación en México fueron organizados en una base de datos por autor, Área Natural Protegida (ANP), santuario, Estado, tipo de propiedad, paraje, año y ubicación geográfica. Con base en los registros históricos de colonias de Mariposa Monarca, superficie protegida y Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios de hibernación, además de considerar la dinámica de las colonias de Mariposa Monarca, se identificaron 10 Microcuencas y 24 núcleos agrarios prioritarios para la hibernación. La Microcuenca Ocampo es la más importante, cuenta con el 18% del total de los registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca, es la segunda Microcuenca con mayor superficie protegida, el 66% se localiza en la zona núcleo y amortiguamiento de la RBMM y es donde se localiza la colonia del Ejido El Rosario, considerada como una de las más importantes para la conservación en México. Dentro de la investigación se obtuvieron 3906 informes de disturbios ambientales ocurridos dentro de la RBMM, identificando al arbolado derribado por viento de la tormenta invernal del año 2016 y al saneamiento como los principales disturbios ambientales dentro de la reserva. Asimismo, se recabaron 1828 registros de actividades de restauración, protección o conservación dentro de los predios de la RBMM, identificando al acomodo de material combustible, mantenimiento de caminos, reforestaciones y su mantenimiento y la protección de manantiales como las principales actividades realizadas por los dueños de los bosques apoyados por diferentes actores en la zona. Se evaluaron con base en la etapa sucesional del bosque seis sitios afectados por algún disturbio, los sitios con restauración pasiva y restauración activa multianual son los mejor recuperados

Palabras clave: Disturbios ambientales, hibernación, acciones de restauración, impacto, conservación, evaluaron.

Abstract.

Four decades after the discovery of Monarch Butterfly hibernation sites in Mexico, the Monarch Butterfly Biosphere Reserve (MMBR) has been impacted by various environmental disturbances that have degraded the forests used by the Monarch Butterfly for hibernation. Given the environmental, social, and economic importance of the RBMM, various institutions of the federal and state governments of Mexico, civil society organizations, scientific society, ejidos, indigenous communities, and private properties have invested money, time, and labor in ecological restoration actions on the protected area. However, the impact of their forest restoration actions is not systematically evaluated. This study reviewed the historical records of Monarch Butterfly colonies published by Calvert, 1982; Calvert and Brower, 1985; Mejía, 1991; Alonso, 1994; Hoth, 1994; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), 1997; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), now SEMARNAT, 1998; García-Serrano, 2002 and World Wildlife Fund (WWF), 2017. The 766 records identified during 40 years of monitoring hibernation sites in Mexico were organized into a database by author, Protected Natural Area (PNA), sanctuary, state, type of property, site, year, and geographic location. Based on historical records of Monarch Butterfly colonies, protected area and priority micro-watersheds for the conservation of wintering sites, in addition to considering the dynamics of Monarch Butterfly colonies, 10 micro-watersheds and 24 priority agrarian nuclei for wintering were identified. The Ocampo micro-watershed is the most important, with 18% of the total historical records of Monarch Butterfly hibernation sites, it is the second micro-watershed with the largest protected area, 66% is located in the core and buffer zone of the MBR, and is where the colony of El Rosario Ejido is located, considered one of the most important for conservation in Mexico. Within the investigation, 3906 reports of environmental disturbances occurred within the MBR were obtained, identifying the wind-felled trees of the 2016 winter storm and sanitation as the main environmental disturbances within the reserve. In addition, 1828 records of restoration, protection, or conservation activities within the MBR grounds were collected, identifying fuel storage, road maintenance, reforestation and maintenance, and spring protection as the main activities carried out by forest owners supported by different actors in the area. Six sites affected by disturbance were evaluated based on the successional stage of the forest; sites with passive restoration and multiannual active restoration are the best recovered.

Keywords: Environmental disturbances, hibernation, restoration actions, impact, conservation, evaluated.

Índice

Agradecimientos	3
Dedicatorias Personales.....	4
Listado de acrónimos utilizados.....	6
Resumen	7
Abstract.	8
1. Planteamiento de la investigación	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Planteamiento del problema.....	14
1.3. Hipótesis	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Objetivo General	17
1.6. Objetivos específicos	17
2. Marco teórico-conceptual y antecedentes	18
2.1. Definición y antecedentes de ANP.....	18
2.1.1. ANP en contexto Internacional	19
2.1.2. Categorías de ANP a nivel Internacional.....	19
2.1.3. ANP en contexto Nacional	20
2.1.4. Categorías de ANP en México	20
2.2. Degradación ambiental.....	24
2.2.1. Definición de degradación	24
2.2.2. Degradación forestal.....	24
2.2.3. Degradación en ANP	25
2.2.4. Causas de la degradación	26
2.3. Restauración y Restauración ecológica	29
2.3.1. Importancia de la restauración ecológica	30
2.3.2. Tipos de restauración ecológica	31
2.4. Sucesión ecológica y resiliencia	33
2.5. Enfoque de cuencas	33
2.5.1. Cuencas, subcuencas y microcuencas.....	33
2.5.2. Importancia del enfoque de cuencas.....	34
2.6. Antecedentes	35
3. Descripción del área de estudio	39

3.1. Ubicación Geográfica	39
3.2. Características Físico-Geográficas.....	40
3.3. Hidrología	40
3.4. Clima.....	40
3.5. Características Biológicas.....	41
3.5.1. Vegetación.....	41
3.5.2. Fauna Silvestre.....	42
3.6. Uso del Suelo.....	42
3.7. Tenencia de la tierra	42
3.8. Sitios de hibernación de Mariposa Monarca en México.....	44
4. Materiales y métodos por objetivo particular	45
4.1. Delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias.....	45
4.2. Identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro	47
4.3. Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca	49
5. Resultados.....	50
5.1. Delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias.....	50
5.1.1. Registros históricos de colonias de hibernación de la Mariposa Monarca.....	50
5.1.2. Identificación y selección de las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México.....	52
5.1.3. Caracterización hidrológica, social y ambiental de las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México.....	53
5.2. Identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro	54
5.2.1. Ubicación geográfica de los disturbios ambientales ocurridos en la RBMM durante 2012-2017	54
5.2.2. Ubicación geográfica de las acciones de restauración ecológica en la RBMM durante 2012-2017.....	61

5.2.3. Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo de diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca	69
5.2.4. Evaluación de las actividades de restauración, protección y conservación realizadas en la RBMM con base en la etapa sucesional del bosque	76
6. Discusión	79
7. Conclusiones	85
8. Recomendaciones	86
9. Bibliografía	88
Anexos	97

1. Planteamiento de la investigación.

1.1. Introducción.

Los bosques de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (RBMM) han sido degradados por la ocurrencia de diferentes disturbios ambientales que se han presentado dentro de su superficie a lo largo de los años, generando con ellos repercusiones ambientales, sociales y económicas dentro del área y en su zona de influencia.

La ocurrencia de incendios forestales, deslaves, plagas forestales, tormentas invernales, ganadería, tala ilegal, turismo, entre otros, han generado una pérdida en la cobertura forestal del bosque y con ello una disminución en cuanto a los servicios ambientales que brindan estos ecosistemas, de los cuales no solamente se ven beneficiados los pobladores de las zonas cercanas y de las urbes más importantes del país, además, esta pérdida de la cobertura forestal afecta a las Mariposas Monarcas que hibernan en los bosques del centro de México.

Por tal motivo, restaurar los bosques de la RBMM se vuelve en una tarea fundamental para brindar las mejores condiciones posibles a la Monarca, en este sentido la importancia de la reserva recae en la propiedad social que participa en las acciones de restauración ecológica, por lo que queda claro que ninguna estrategia de conservación podrá ser exitosa sin la participación y toma de decisiones de los habitantes de la RBMM. Sin embargo, la mayoría de los esfuerzos realizados por los comuneros y ejidatarios, con el apoyo de diferentes organizaciones Gubernamentales y privadas no han sido evaluados de manera adecuada.

Es importante evaluar los avances logrados no solo en la conservación de los recursos naturales, sino también en aspectos socioeconómicos. Para evaluar el papel que han jugado los proyectos en la conservación, aunque no existe un indicador específico de sustentabilidad, se considera que la densidad de cobertura en combinación con alguna variable socioeconómica, puede jugar un papel preponderante en las ANP, particularmente en las Reservas de la Biosfera, donde se permiten actividades realizadas por el hombre (Wanda W.H., 2012).

Por lo anterior, el presente trabajo busca evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas e impulsadas por diversos actores en los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca en México a nivel microcuenca durante los años 2012-2017 con base en la etapa sucesional del bosque, ya que la restauración forestal a nivel de cuenca se centra en el restablecimiento de las funciones y procesos clave de los ecosistemas en la totalidad del paisaje, en vez de restaurar pequeñas áreas de forma aislada (Vanegas M., 2016).

En el mismo sentido se planteó delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias, identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro y también evaluar las actividades

de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca, para que con ello, se pueda demostrar que la participación de diversos actores en la restauración ecológica de los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca ha generado una recuperación de la cubierta forestal en dichas áreas, asimismo reconocer el esfuerzo, trabajo e inversión económica que han realizado los diferentes actores que participan en la restauración, conservación y protección de la RBMM.

Una evaluación sistemática de la restauración ecológica con base en la etapa sucesional de los bosques en la RBMM permitirá reflexionar sobre el estado actual del bosque y planear futuras acciones para contribuir a la recuperación forestal con la participación de los dueños de los bosques. Estudiar los cambios de las coberturas forestales, a través del enfoque de las transiciones sistemáticas o sucesionales, enriquece los estudios y los hace novedosos, debido a que este concepto permite diferenciar los cambios dominantes en el paisaje (Domínguez G.J., 2013).

La restauración ecológica se basa en tres pasos fundamentales, el primero consta en el establecimiento de los objetivos, el segundo consta en definir la metodología a utilizar y por último, el tercer paso establece la necesidad de evaluar los resultados por medio de un programa de monitoreo, constituido por la recolección sistemática y repetida de datos, observaciones y estudios sobre un área o fenómeno determinado con el fin de caracterizar el estado actual y documentar los cambios que ocurren a lo largo del tiempo (Aguilar M. y Ramírez W., 2015).

Al mismo tiempo, se espera que este análisis sirva para identificar temas a fortalecer como inducir la regeneración natural y el conocimiento local, con el fin de impulsar los esfuerzos de restauración ecológica dentro de la reserva.

El presente trabajo se desarrolla en 9 apartados. El primer apartado “Planteamiento de la investigación”, se compone por la introducción al trabajo realizado, del planteamiento del problema, hipótesis, justificación y objetivos de la investigación, en el segundo apartado “Marco teórico-conceptual y antecedentes” se efectúan algunas precisiones teóricas y antecedentes que sirvieron como base para la realización del resto del trabajo. Dentro del tercer apartado “Descripción del área de estudio” se realiza el desarrollo de las características que conforman a la RBMM como área de estudio del presente estudio, para el apartado número cuatro “Materiales y métodos por objetivo particular” se hace referencia hacia la descripción de las herramientas y los procesos utilizados para el cumplimiento de cada objetivo particular del trabajo. El quinto apartado “Resultados” se basa en mencionar los productos obtenidos de cada proceso realizado y mencionado dentro del capítulo anterior, dentro del apartado número seis “Discusión”, se lleva a cabo una interpretación de los resultados obtenidos durante el trabajo, dentro del apartado siete “Conclusiones” se exponen las conclusiones finales derivadas de todo el trabajo, en el apartado número ocho “Recomendaciones” se plantean algunas sugerencias, recomendaciones o pasos a seguir

derivado de lo observado durante el proceso de realización de la presente investigación, los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se llegó, por último, dentro del apartado nueve “Bibliografía”, se enlistan las diferentes fuentes bibliográficas consultadas para el desarrollo y cumplimiento del trabajo.

Dentro del trabajo se obtuvo la selección, ubicación y caracterización de 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México, mapas de ubicación y distribución de disturbios ambientales y acciones de restauración, protección y conservación dentro de cada una de las 10 Microcuencas prioritarias y una evaluación con base en la etapa sucesional de sitios previamente afectados por algún tipo de disturbio, los cuales fueron sometidos a un proceso de restauración, concluyendo de manera general en que la participación de diversos actores han influido directamente en la recuperación del bosque, observando los mejores resultados en procesos de restauración pasiva con presencia de especies nodriza y en procesos de restauración activa de manera multianual donde desarrollen procesos adecuados de planificación, ejecución, seguimiento, monitoreo y retroalimentación de las técnicas y los procesos utilizados.

1.2. Planteamiento del problema.

La RBMM, es sin duda una de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) más importantes de México e inclusive del mundo, debido a que alberga uno de los fenómenos más importantes del reino animal, este es la migración de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*), entre tres países México, Canadá y Estados Unidos, además se reconoce que es un tema tanto de unión como de análisis entre los tres países. La RBMM al igual que todas las ANP decretadas en México, han sido reconocidas a nivel mundial como una alternativa eficiente para preservar *in situ* la riqueza biológica y en este caso la conservación y protección de una de las fases de la migración de la Monarca como lo es su etapa de hibernación en los bosques de Michoacán y del Estado de México.

Además de los importantes servicios ecosistémicos como la captura de carbono, regulación del clima, infiltración de agua, hábitat de diversas especies de flora y fauna, entre otros, la RBMM genera una serie de beneficios económicos a los pobladores de los distintos predios que conforman a la reserva. Uno de ellos es la derrama económica que genera el turismo que visita los santuarios de la Mariposa Monarca, la cual se ha convertido en una de las actividades más importantes de la región, relacionada con la renta de caballos, la venta de artesanías y alimentos, entradas a los santuarios, transporte y la generación de empleos para la población (Nájera G., 2008), lo que a su vez, genera una mejoría en la situación social y prevención de servicios básicos para que los distintos predios puedan ir contando poco a poco con más y mejores servicios que aumenten su calidad de vida.

Sin embargo, estos beneficios no son exclusivos para los predios que la conforman, sino que también para las zonas de influencia de la misma, ya que el buen estado del bosque en partes altas de la reserva se refleja por ejemplo en el suministro de agua para riego de las distintas

parcelas ocupadas por diferentes cultivos en las partes bajas o zonas de influencia, por otro lado, no conservar las zonas altas de la reserva se puede representar en el aumento de la vulnerabilidad y riesgo de las diversas comunidades de la zona de influencia.

Los procesos de alteración forestal en la RBMM, han sido recurrentes desde el establecimiento de la reserva en el año 2000, principalmente en la zona núcleo (López J., 2007), por lo cual se han ido degradado los bosques en donde la Mariposa Monarca hiberna, por ejemplo los incendios de 1998, los deslaves del 2010, derribo de arbolado por tormenta invernal del 2016 y algunos eventos de tala clandestina presentados en diferentes anualidades, además de las actividades turísticas y la ganadería han sido algunos de los disturbios ambientales presentados en la zona.

En contraste con lo anterior, distintos actores han realizado, impulsado e invertido en diversas actividades con la finalidad de proteger, restaurar y conservar la zona de la Mariposa Monarca, que tiene como base el Programa de Manejo (PM) de la RBMM, donde se establecen los lineamientos para que se lleven a cabo de manera adecuada las actividades que establece el PM. Es importante destacar que dentro de la reserva se implementan diversas técnicas en los lugares adecuados y de manera particular, se puede mencionar que son los mismos pobladores de los diversos predios y los técnicos comunitarios contratados por los dueños de los bosques de la RBMM, quienes apoyan de manera importante para llevar a cabo estas acciones que ayudan a revertir el deterioro en la reserva, esto fue logrado gracias a la contribución de instancias gubernamentales, no gubernamentales, colegios y universidades los cuales a través de programas, apoyos financieros y cursos de capacitación, lograron fomentar una mejor conciencia, organización y participación de las comunidades en el cuidado y conservación del arbolado (Wanda W.H., 2012).

Por otra parte, en los Programas de Mejores Prácticas de Manejo (PMPM) se plantean una serie de actividades obligatorias y algunas sugeridas que se deben realizar y cumplir en tiempo y forma para que quienes participan en ellos puedan recibir el apoyo económico proporcionado por el esquema de Fondos Concurrentes de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Fondo Monarca para el caso de los predios en zona núcleo de la reserva, y para el caso de los predios en zona de amortiguamiento viéndose apoyados principalmente por los distintos programas que maneja la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por medio de la dirección de la reserva.

Además, existen distintos aspectos negativos en cuanto a la ejecución de las actividades mencionadas anteriormente, aspectos que pueden ir desde el planteamiento técnico, fallas en alguna fase de la realización de dichos trabajos, el monitoreo y evaluación de los mismos, la disponibilidad de datos relacionados a las diferentes acciones de restauración, la escala en que se han realizado los estudios asociados a la restauración ambiental de la reserva, entre otros.

Aunque si bien existen diversos puntos negativos, también se pueden observar resultados positivos de la restauración de la zona, sin embargo, existe una falta de difusión y reconocimiento de estos logros que se han obtenido como resultado de la participación de las comunidades y ejidos, de diversas organizaciones Gubernamentales y no Gubernamentales y de Universidades que han realizado estudios referentes con esta temática.

Derivado de la problemática expuesta en los párrafos anteriores, surgieron las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles han sido las principales actividades de restauración ecológica que se han llevado a cabo dentro de la RBMM?
2. ¿La participación de distintos actores ha generado una disminución en la incidencia de algunos disturbios dentro de la RBMM?

1.3. Hipótesis.

La participación de diversos actores en actividades de restauración ecológica de manera activa y pasiva en los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca en México ha generado la disminución en la incidencia de disturbios ambientales y la recuperación de la cubierta forestal en la RBMM.

1.4. Justificación.

La región de la Mariposa Monarca es una zona prioritaria para la conservación ya que se ubica en un territorio que abarca parte de los estados de México y Michoacán y es heredera de un importante patrimonio histórico, cultural y ambiental. Además, alberga el fenómeno natural de la migración de una de las especies que comparten tres países de América del Norte; Canadá, Estados Unidos y México: la Mariposa Monarca. Es un sitio también que presenta una serie de conflictos sociales y se encuentra expuesta a una serie de disturbios naturales que deben ser atendidos de diferentes formas.

Es así que las acciones de restauración ecológica son fundamentales para poder revertir el deterioro ocasionado por la incidencia de los diferentes disturbios, ya que tratan de devolver al ecosistema perturbado a un estado lo más parecido posible a su condición natural (Zamora R., 2002). En el caso de la RBMM aumenta su importancia, ya que con dichas actividades se busca mantener un equilibrio ecológico en los bosques que sirven como sitios de hibernación de la Mariposa Monarca que han sido monitoreados durante más de 40 años y que han generado distintos beneficios a la zona de la reserva, sus pobladores e inclusive a grandes urbes del país, ejemplificados principalmente por la cantidad de agua consumida en los valles de México y Toluca que se extrae de los mantos freáticos de la RBMM y sus zonas aledañas, mediante el sistema acuífero Cutzamala. En este sentido, la necesidad política de conservar el funcionamiento de estos servicios ambientales, estrechamente vinculados con la extensión de la cobertura forestal, se puede considerar un motivo crucial de las intensas

actividades que realiza una amplia gama de instituciones gubernamentales (Brenner L., 2009).

La realización de estas actividades generan de igual manera un beneficio para la sociedad de los predios que conforman a la RBMM, ya que de ellas pueden obtener recursos económicos con la fuente de empleos que el realizar estas actividades representa, pero de igual manera funcionan para la disminución de la vulnerabilidad que puedan tener dichos predios ante acontecimientos naturales que generen afectaciones a la sociedad.

Es importante, además de generar las bases o pasos a seguir para obtener el mayor grado de éxito en las distintas actividades que se realicen, difundir y resaltar los resultados positivos que se han obtenido en cuanto a la recuperación del bosque de la reserva que se ha dado lugar gracias a la participación de diferentes actores involucrados en la conservación de los ecosistemas de la zona y del proceso migratorio de la Mariposa Monarca.

Una evaluación sistemática de la restauración ecológica en la RBMM permitirá reflexionar sobre el estado actual del bosque y planear futuras acciones para contribuir a la recuperación forestal con la participación de los dueños de los bosques. Es importante también identificar y evaluar las actividades de restauración ecológica a nivel de microcuenca, ya que se plantea como la unidad mínima de estudio que podían abarcar a los registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca, resaltando estos lugares como prioritarios dentro de la reserva, reconociendo la interconexión entre todos los componentes del ecosistema facilitando la colaboración entre instituciones para la resolución de los problemas ambientales y conflictos sociales (Cotler H., 2010).

1.5. Objetivo General.

Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas e impulsadas por diversos actores en los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca en México a nivel microcuenca durante los años 2012-2017.

1.6. Objetivos específicos.

- Delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias.
- Identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro.
- Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo de diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca.

2. Marco teórico-conceptual y antecedentes.

2.1. Definición y antecedentes de ANP.

Si bien desde la aparición del hombre se ha contado con la necesidad de utilizar y consumir los servicios que nos proporciona la naturaleza, estos eran los suficientes para cumplir con la demanda que en esos tiempos no era tan alarmante como en la actualidad, fue hasta los principios de las etapas industriales mundiales, cuando se comenzaron a observar que estos recursos naturales cada vez disminuían más en cuanto a cantidad y calidad y que el satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas comenzaba a ser más difícil a causa principalmente de las acciones del hombre.

Derivado de la preocupación que surge al ver como poco a poco los ecosistemas naturales iban degradándose y con ello las posibilidades de la supervivencia de las especies, entre ellas el humano, comenzó a surgir la idea de conservar, principalmente con fines de esparcimiento espiritual, y admirar la notable belleza escénica del paisaje. Estos territorios silvestres o naturales guardaban ambientes, ya sea terrestre o acuático con escasa o nula intervención humana (EcuRed, s.f.), las cuales con el pasar de los años comenzaron a hacerse presentes en diferentes partes del mundo.

Las Motivaciones que originaron la creación de las primeras reservas, así como la visión romántica que rodeó a las áreas protegidas como sitio cuyo único objetivo consistía en transportar el espíritu lejos de la realidad por medio de la contemplación de ambientes vírgenes y paradisíacos, lamentablemente llevó en muchos casos a falsear la necesidad objetiva del establecimiento de tales territorios (EcuRed, s.f.). Si bien estas primeras reservas no obtuvieron los resultados esperados y relevantes en temas de conservación y protección, estos primeros esfuerzos dieron pie a la creación de áreas protegidas con fines muy diferentes a los originales, dejando un poco de lado el tema espiritual y escénico de los paisajes por temas más establecidos a la conservación, protección y restauración de los diferentes ecosistemas en el mundo y sobre todo, áreas protegidas con respaldo legal.

La historia moderna de las ANP tiene como referente de sus inicios la creación del Parque Nacional Yellowstone, el cual es reconocido como la “primer” ANP del mundo decretada por un gobierno en 1872 (Monroy A., 2013).

Una vez establecidas las primeras áreas protegidas resulta importante acordar la definición de ANP, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define a las áreas protegidas como: Un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (Dudley, 2008), definición utilizada con carácter oficial en todo el mundo, además dentro del Convenio sobre la Diversidad Biológica firmado en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, se define como área protegida a un área

geográficamente definida que esta designada o regulada y gestionada para lograr específicos objetivos de conservación (IUCN, 2019).

En México, dentro de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se definen las ANP como las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables (LGEEPA, 2018).

2.1.1. ANP en contexto Internacional.

El constante aumento de ecosistemas degradados a nivel mundial ha generado que se ponga en la mesa de diferentes convenciones internacionales el aumento de la superficie protegida en el mundo, datos de la IUCN y del Centro de Monitoreo de la Conservación Ambiental del PNUMA, mencionan que actualmente hay en el mundo 202,467 áreas protegidas, que cubren casi 20 millones de km² o el 14,7% de las tierras del planeta, con exclusión de la Antártida, con lo cual no se encuentra lejos el objetivo de 17% fijado para 2020 por el Convenio sobre la Diversidad Biológica en las Metas de Aichi para la Biodiversidad. La desventaja que se ha posicionado en los últimos años es que la cobertura terrestre de las áreas protegidas ha disminuido en un 0,7% (IUCN, 2019).

Todas las superficies protegidas se encuentran distribuidas en diferentes áreas, que por sus características propias pertenecen a categorías de protección acorde a dichas características y necesidades.

2.1.2. Categorías de ANP a nivel Internacional.

A nivel internacional la IUCN maneja siete categorías aplicables a las distintas áreas protegidas en el mundo.

- Reserva natural estricta: Áreas protegidas que están estrictamente reservadas para proteger la biodiversidad y también posiblemente características geológicas / geomorfológicas, donde las visitas, el uso y los impactos humanos están estrictamente controlados y limitados para garantizar la protección de los valores de conservación. Dichas áreas protegidas pueden servir como áreas de referencia indispensables para la investigación científica y el monitoreo (IUCN, 2019).
- Área silvestre: Áreas protegidas que generalmente son grandes áreas no modificadas o ligeramente modificadas, conservando su carácter e influencia natural, sin habitación humana permanente o significativa, que están protegidas y manejadas para preservar su condición natural (IUCN, 2019).
- Parque Nacional: Grandes áreas naturales o cercanas a la naturaleza reservadas para proteger procesos ecológicos a gran escala, junto con el complemento de especies y ecosistemas característicos del área, que también proporcionan una base para

oportunidades espirituales, científicas, educativas, recreativas y de visitantes compatibles con el medio ambiente y la cultura (IUCN, 2019).

- Monumento natural o característica: Las áreas protegidas se reservan para proteger un monumento natural específico, que puede ser una forma de relieve, un monte marino, una caverna submarina, una característica geológica como una cueva o incluso una característica viva como un antiguo bosque. Generalmente son áreas protegidas bastante pequeñas y a menudo tienen un alto valor para los visitantes (IUCN, 2019).
- Área de Manejo de Hábitat / Especies: Las áreas protegidas que apuntan a proteger especies o hábitats particulares y el manejo reflejan esta prioridad (IUCN, 2019).
- Paisaje protegido / Paisaje marino: Un área protegida donde la interacción de las personas y la naturaleza a lo largo del tiempo ha producido un área de carácter distinto con un valor ecológico, biológico, cultural y paisajístico significativo; y donde salvaguardar la integridad de esta interacción es vital para proteger y mantener el área y su naturaleza asociada, conservación y otros valores (IUCN, 2019).
- Área protegida con uso sostenible de los recursos naturales: Áreas protegidas que conservan ecosistemas y hábitats, junto con los valores culturales asociados y los sistemas tradicionales de gestión de recursos naturales (IUCN, 2019).

2.1.3. ANP en contexto Nacional.

México es uno de los países catalogados como megadiversos en el mundo, derivado de la gran superficie del país ocupada por ecosistemas prioritarios, derivado de la creciente problemática ambiental en México se han decretado un número importante de ANP.

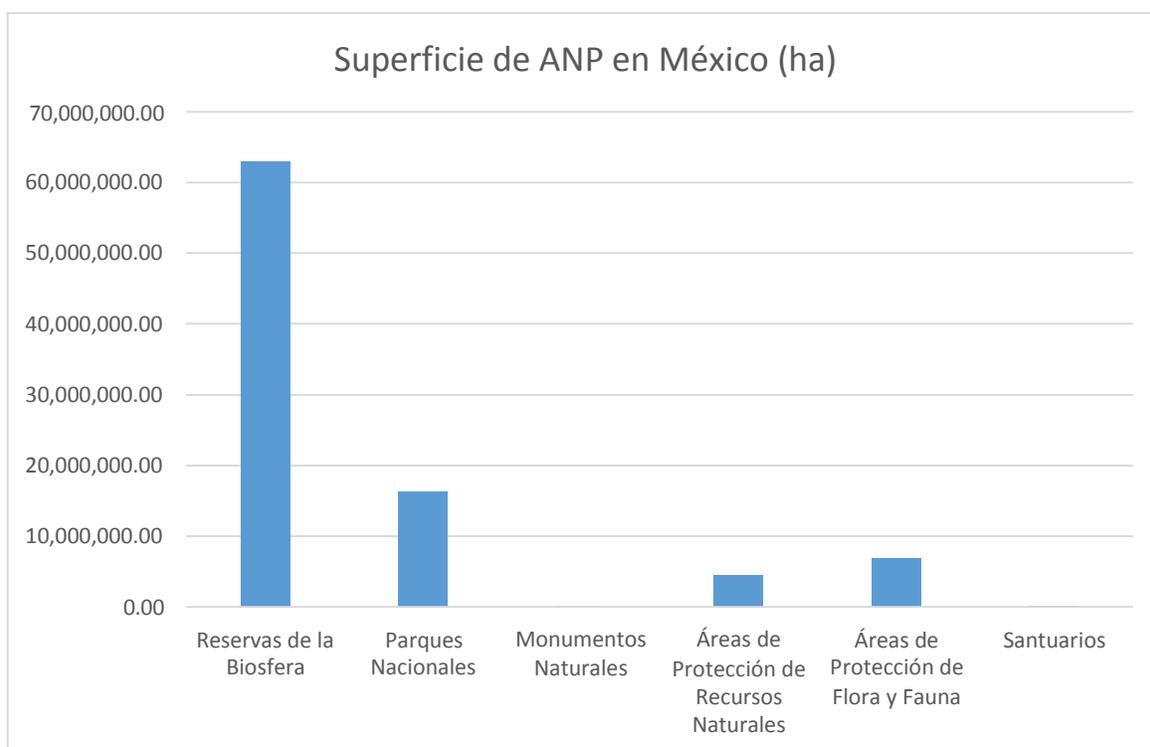
En el país la determinación de ANP en México ha sido tradicionalmente bajo un esquema de parcialidad, sin un aparente sustento técnico-científico suficiente, no se consideraban condiciones socioeconómicas, las necesidades de los actores y algunas de las veces, simplemente, por decisiones meramente políticas. Los polígonos se habían determinado en forma ortogonal, definidos en ocasiones por coordenadas, límites políticos u otros criterios no acordes a las condiciones de la biodiversidad y mucho menos en base a cuencas (Yáñez, 2007).

Para mencionar el primer antecedente en la creación de un ANP en México nos remontamos hacia 1876 con la Reserva Nacional "Desierto de los Leones". Para tal efecto, se tomó como ejemplo la promulgación de la declaración de Yellowstone, como Parque Nacional (PN), en los Estados Unidos de Norteamérica realizada en 1872. Como política e instrumento de conservación, sobre todo en las zonas templadas, los parques nacionales tuvieron un fuerte impulso en la década de 1930, cayendo pronto en el abandono (Yáñez, 2007).

2.1.4. Categorías de ANP en México.

En México existen diversos tipos de áreas protegidas federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas. Las ANP de carácter estatal se encuentran bajo la administración de secretarías o institutos ambientales de los gobiernos de los estados, las

ANP comunitarias y ejidales son áreas protegidas mediante ordenamientos territoriales comunitarios, las áreas privadas son representadas principalmente por las Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) y generalmente son de tamaño pequeño y por último pero de mayor importancia, se encuentran las ANP de carácter federal, las cuales son áreas bajo la administración de la CONANP, las cuales cubren una extensión de 908,395.20 kilómetros cuadrados (CONABIO, 2018) y una superficie de 21,886,691 hectáreas (ha) (CONANP, 2019) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Superficie de ANP en México de carácter federal. Elaboración propia con información de CONANP (2019).

Como se puede observar en la Gráfica 1, en México a nivel federal hay seis categorías de ANP; (CONANP, 2007).

PN.- Representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones análogas de interés general (LGEEPA, 2018).

Monumentos Naturales (MN): Los MN se establecerán en áreas que contengan uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo (LGEEPA, 2018).

Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN).- Áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías previstas en el artículo 46 de esta Ley. Se consideran dentro de esta categoría las reservas y zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y demás cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente cuando éstos se destinen al abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones (LGEEPA, 2018).

Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFyF).- Lugares que contienen los hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres (LGEEPA, 2018).

Santuarios.- Los santuarios son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas (LGEEPA, 2018).

Reservas de la Biosfera (RB).- Áreas biogeográficas relevantes a nivel nacional, representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (LGEEPA, 2018). También se definen como zonas de ecosistemas terrestres o costeros/ marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas como tales en un plano internacional, sirven para impulsar armónicamente la integración de las poblaciones y la naturaleza, a fin de promover un desarrollo sostenible mediante un diálogo participativo, el intercambio de conocimiento, la reducción de la pobreza, la mejora del bienestar, el respeto a los valores culturales y la capacidad de adaptación de la sociedad ante los cambios (UNESCO, 2017).

Nuestro país posee 44 áreas bajo esta categoría de protección que abarca más de 62 millones de hectáreas que representa la de mayor superficie (Gráfica 1), ya sean ecosistemas terrestres y/o marítimos, estas áreas se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos (como los parques nacionales) sino que pueden albergar a comunidades humanas, quienes viven de actividades económicas sustentables que no ponen en peligro el valor ecológico del sitio (SEMARNAT, 2018).

Las RB se dividen en dos zonas, la núcleo y la zona de amortiguamiento, en las zonas núcleo de las reservas de la biosfera sólo podrá autorizarse la ejecución de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, y educación ambiental, mientras que se prohibirá la realización de aprovechamientos que alteren los ecosistemas, asimismo, se deberán regular los aprovechamientos no extractivos de vida silvestre que deberán de ser

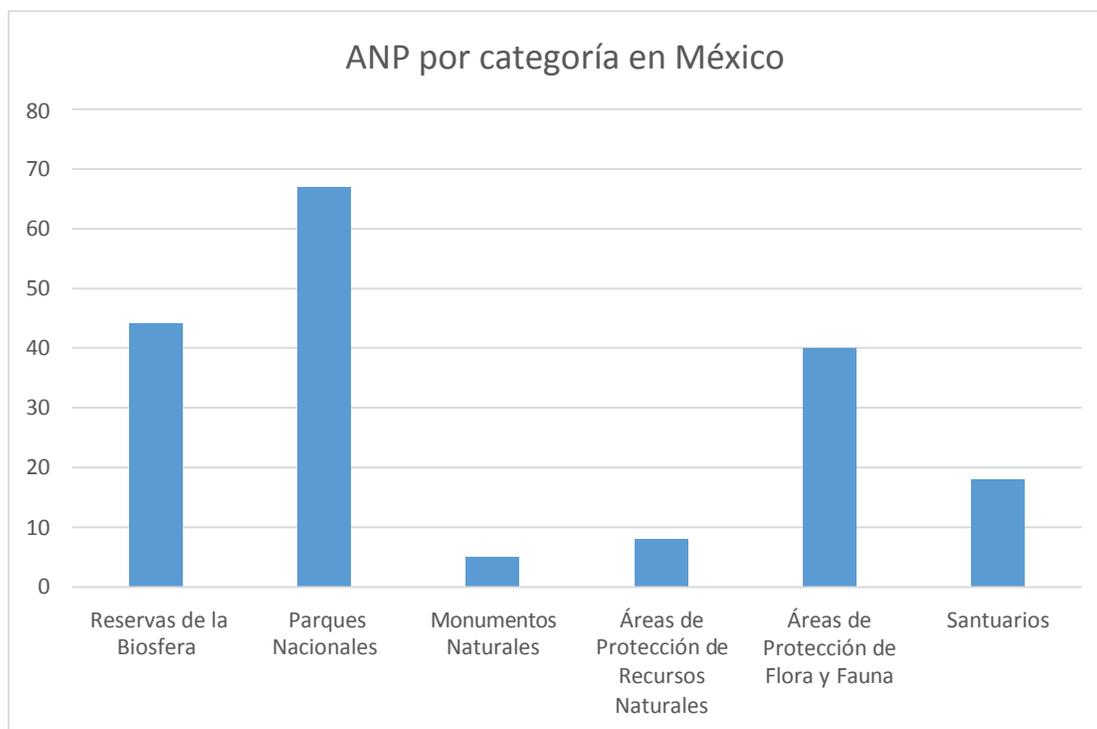
de bajo impacto, y de acuerdo con las normas oficiales mexicanas que para tal efecto emita la SEMARNAT (LGEEPA, 2018).

Por su parte, en las zonas de amortiguamiento de las reservas de la biosfera sólo podrán realizarse actividades productivas emprendidas por las comunidades que ahí habiten al momento de la expedición de la declaratoria respectiva o con su participación, que sean estrictamente compatibles con los objetivos, criterios y programas de aprovechamiento sustentable, en los términos del decreto respectivo y del programa de manejo que se formule y expida, considerando las previsiones de los programas de ordenamiento ecológico que resulten aplicables (LGEEPA, 2018).

La RBMM, presentada como zona de estudio del presente trabajo es una zona prioritaria para la conservación e inclusive para el diseño e implementación de políticas ambientales, se ubica entre los Estados de México y Michoacán, es heredera de un importante patrimonio histórico, cultural y ambiental, además de que se puede presentar como ejemplo importante de los logros que se pueden obtener derivados de la adecuada participación ciudadana en temas medioambientales (Programa de Manejo RBMM, 2001).

Su importancia crece debido a que en ella se presenta el fenómeno natural de la migración de una de las especies que comparten los socios comerciales de América del Norte, Canadá, Estados Unidos y México, lo que le hace estar simbólicamente ligada al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y constituye uno de los asuntos globales de interés para diversas naciones, por lo que los ojos internacionales están puestos en la región, específicamente en las zonas de hibernación de la Mariposa Monarca, en el proceso migratorio y sin duda alguna en la Mariposa misma.

Todas las categorías mencionadas anteriormente se representan en un total de 182 ANP de carácter federal que administra la CONANP (Gráfica 2) (CONANP, 2019).



Gráfica 2. ANP por categoría federal en México. Elaboración propia con información de CONANP (2019).

2.2. Degradación ambiental.

2.2.1. Definición de degradación.

Si bien el concepto de degradación puede utilizarse en diferentes ámbitos, dentro del presente trabajo se abordará la degradación en términos ambientales, por lo cual se puede mencionar que la degradación ambiental es el deterioro del medio ambiente mediante el agotamiento de recursos como el aire, el agua y el suelo; la destrucción de ecosistemas y la extinción de la vida silvestre. Se presenta también como cualquier cambio o alteración del medio ambiente que se percibe como perjudicial o indeseable. Asimismo, puede definirse como el conjunto de procesos que deterioran o impiden la utilización de un determinado recurso, por parte de la humanidad (Zurrita, et al., 2015).

La degradación no se caracteriza por la disminución de la superficie forestal sino de la calidad de su estado, respecto a uno o a más elementos del ecosistema forestal (estrato vegetal, fauna, suelo, etc.), a las interacciones entre estos componentes y, más generalmente, a su funcionamiento (Lanly, 2003). El proceso de degradación también determina comportamientos de competencia por los recursos escasos, y es causa de posibles conflictos entre usuarios (Sabogal, et al., 2015).

2.2.2. Degradación forestal.

Para el presente estudio es importante definir un tipo de degradación centralizado o enfocado al ecosistema presente en la RBMM, la degradación de los bosques o degradación

forestal fue definida en 2011 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como la merma de la capacidad de un bosque de suministrar bienes y servicios (Sabogal, et al., 2015). El estado del ecosistema se define de acuerdo con la composición florística (arbórea) dominante y la estructura esperada de un determinado rodal, por lo cual, el cambio en el estado del ecosistema puede servir como indicador de degradación (Thompson, 2011).

Cuando un bosque se degrada significa que aún existe pero ya no funciona bien. Se convierte en una versión reducida de lo que solía ser y su salud disminuye hasta que ya no puede sustentar a las personas y la vida silvestre (Hancock, 2019).

2.2.3. Degradación en ANP.

Las ANP, como se mencionó anteriormente, son espacios dedicados a la conservación de ecosistemas relevantes por su biodiversidad, por los servicios ambientales que brindan a la sociedad o por la presencia de especies de importancia ecológica, económica y/o cultural. No obstante, muchas de ellas muestran signos de degradación ambiental, ya sea porque ésta ocurrió con anterioridad a su declaratoria como área protegida, o bien porque continúa por la presencia de grupos y actividades humanas (CONANP, 2015).

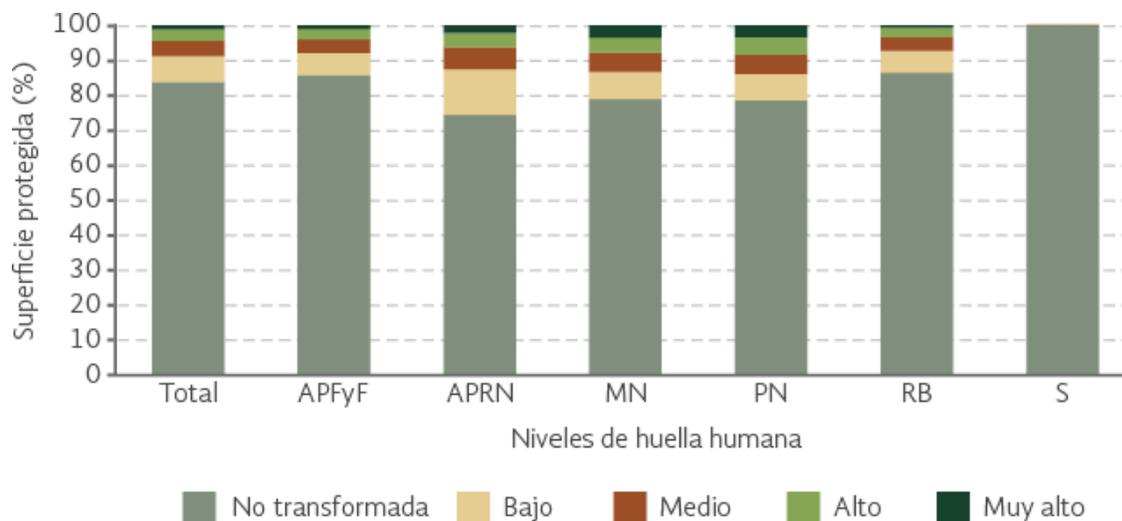
La degradación ambiental de los ecosistemas de las ANP también puede ser el resultado de eventos naturales como los incendios forestales, deslizamientos de tierra o fenómenos meteorológicos extremos como sequías, huracanes, tornados o inundaciones, entre otros; incluso la sinergia de estos eventos con las actividades humanas como la tala ilegal, el turismo no controlado o la ganadería puede agravar la situación de los ecosistemas en muchas de ellas (CONANP, 2015).

Un estudio de James Watson y un equipo de investigadores, de la Wildlife Conservation Society y la Universidad de Queensland en Australia, revela que 3,7 millones de kilómetros cuadrados de las áreas protegidas, es decir el 32,8%, están muy degradadas por la presión humana, mientras que otro 42% no parece tener actividades humanas que perjudiquen. Solo el 10% está completamente libre de amenaza, pero son zonas remotas en Rusia, Canadá y una parte muy austral de la Patagonia Argentina y Chilena (Ovando, 2018).

En el país, los estudios realizados por la CONANP permiten conocer áreas afectadas o vulnerables y con ello diseñar mejores planes y estrategias para la protección, recuperación y posible uso sustentable de sus ecosistemas y especies (CONANP, 2015).

En México, el 84% de la superficie total protegida federal tenía en 2011, un nivel extremadamente bajo de alteración por las actividades humanas (Gráfica 3). Superficies relativamente pequeñas, del 3 y 1% respectivamente, correspondían a áreas con altos y muy altos niveles de alteración. En la Gráfica 3 se muestra la huella humana dentro de las ANP federales del país. Puede observarse que algunas de las áreas que muestran altos porcentajes de su superficie con valores elevados de huella humana son aquellas incluidas en zonas urbanas, como en el caso de El Histórico Coyoacán, el Cerro de la Estrella, El Tepeyac

o Fuentes Brotantes de Tlalpan (incluidas dentro de la Ciudad de México), las cuales tienen hasta el 99% de su superficie clasificada en las categorías de alta y muy alta huella humana (CONANP, 2015).



Gráfica 3. Huella humana en las ANP Federales en México. Fuente CONANP (2015).

2.2.4. Causas de la degradación.

Las causas de la degradación en el mundo se presentan en diferentes temáticas, no solamente ecológicas sino que también se ve relacionada la degradación con temas sociales y económicos, afectando recursos naturales como el agua, el aire y el suelo (Zurrita, et al., 2015), representándose en disturbios ambientales definidos por Pickett y White en 1985 como cualquier evento relativamente discreto, aunque el concepto de disturbio parece intuitivamente muy claro, en realidad está influenciado por múltiples factores. Las causas y los efectos del disturbio, al igual que los métodos para evaluarlo, dependen en gran medida del nivel de organización biológica que interese abordar (Vega y Peters, 2007).

Los factores de disturbio pueden tener orígenes muy distintos y efectos diferentes pero, además de su propia naturaleza, también la intensidad, la extensión y la recurrencia de los disturbios determinan si estos son trascendentes o no (Sánchez, 2005).

En México, el crecimiento de la población y zonas urbanas, actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras, la industrialización, la deforestación (Zurrita, et al., 2015) y actualmente el cambio climático han generado una fuerte degradación ambiental de los diversos ecosistemas del país.

Dentro de la RBMM se han presentado diferentes disturbios ambientales que han degradado poco a poco los bosques del área protegida.

Tala ilegal.- La deforestación se refiere a la tala de un bosque, eliminándolo por completo, para dar espacio a algo más en su lugar. La principal causa de la deforestación es la agricultura insostenible e ilegal (Hancock, 2019), los procesos de deforestación generan importantes efectos ambientales negativos, que tienen que ver con el régimen del agua y con el régimen del suelo, así como con la conservación de la biodiversidad y con el régimen climático (Zurrita, et al., 2015).

Incendios Forestales.- Es la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. El combustible es el factor principal que determina la magnitud del mismo. Los incendios pueden ocurrir por alguna de las siguientes causas: Accidentales, relacionados con accidentes automovilísticos, ferroviarios, aéreos y con ruptura de líneas eléctricas. Negligencias, las quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de las áreas forestales. Intencionales, se refiere a las quemas que se realizan en el contexto de conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios, entre otros. Naturales, caída de rayos o erupciones volcánicas (CENAPRED, s.f.).

Agee 1993, 1996, menciona que el fuego tiene efectos muy diferentes en cada ecosistema dependiendo de condiciones físicas del entorno como la humedad, la temperatura y la topografía. Sus efectos también dependen de la composición de especies en los ecosistemas y de la estructura de la vegetación, ya que éstas determinan el tipo y la cantidad de combustibles presentes (Cantú, 2013).

Deslaves.- Desprendimientos de tierra producidos cuando una gran cantidad de tierra, rocas, arena o barro se desplaza rápidamente hacia abajo por las pendientes de las colinas o las montañas. La frecuencia de este fenómeno, que está causado normalmente por peligros naturales como terremotos, erupciones volcánicas, lluvias torrenciales o ciclones, está aumentando debido a las prácticas modernas de utilización del suelo, el cambio climático y la deforestación (FAO, 2019).

Los efectos de los desprendimientos de tierra pueden ser muy amplios; pueden ocasionar víctimas mortales, la destrucción de infraestructura, daños a la tierra y la pérdida de recursos naturales. El material que se desplaza puede además bloquear ríos y aumentar el riesgo de inundaciones (FAO, 2019).

Plagas forestales.- Cualquier organismo vivo que puede causar daños a las plantas, los árboles o los bosques, o a los productos forestales. Tales organismos pueden ser insectos, arañas, nematodos, hongos, bacterias, virus, malas hierbas (incluso malas hierbas leñosas), mamíferos y otro tipo de vida silvestre, así como plantas parásitas como el muérdago. Las plagas pueden incidir negativamente en el crecimiento, el vigor y la supervivencia de los árboles y disminuir el rendimiento y la calidad de los productos madereros y no madereros (FAO, 2019).

Olivo J.A. (2018), menciona que es importante resaltar que los insectos forestales y otros organismos, son parte importante de los ecosistemas forestales y con una función específica (nicho ecológico), por lo que una población de insectos se considera “plaga” únicamente si esta es lo suficientemente numerosa para ocasionar un daño significativo.

Además, existen factores que pueden incrementar el riesgo de ocurrencia de una plaga, el aprovechamiento y pastoreo no regulados, el deficiente manejo silvícola, la introducción de especies de plaga y patógenos de otras regiones geográficas, así como los incendios inducidos predisponen a las masas arboladas al ataque por insectos o patógenos (Olivo, 2018).

Tormentas invernales.- Las tormentas invernales presentan diferentes características como lo menciona Martínez (2017), menciona que una Tormenta Invernal se caracteriza por la combinación de precipitación y temperaturas bajas en superficie que permiten la formación de nieve, hielo, aguanieve y ráfagas de vientos. Además menciona que la formación de una Tormenta Invernal depende de la posición de la corriente en chorro, la presencia de una masa de aire frío, el gradiente horizontal de temperatura y suficiente humedad en la atmósfera.

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional, en las últimas tres temporadas invernales, México ha sido impactado por cerca de 30 tormentas Invernales, afectando en su mayoría la región norte del país (Martínez, 2017).

Turismo.- De la Torre, (2004) define al turismo como un fenómeno social que consiste en el desplazamiento voluntario y temporal de individuos o grupos de personas que, fundamentalmente por motivos de recreación, descanso, cultura o salud, se trasladan de su lugar de residencia habitual a otro, en el que no ejercen ninguna actividad lucrativa ni remunerada, generando múltiples interrelaciones de importancia social, económica y cultural.

El turismo de naturaleza dentro de las ANP tiene como objetivo promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y contribuir como una alternativa sólida para el desarrollo de las comunidades que habitan al interior de estos espacios y en su zona de influencia, generando beneficios económicos y socio-ambientales. Además el turismo tiene el potencial de ser un medio para conservar y difundir el patrimonio natural y cultural de nuestro país (CONANP, 2019).

El turismo se presenta como un disturbio ambiental debido a que genera la destrucción y fragmentación del hábitat y pérdida de la biodiversidad asociada, relacionado a la eliminación de la cubierta vegetal por extracción de ejemplares completos, incineración, desmonte selectivo o total, también vinculado con la generación de aguas residuales y/o residuos sólidos (SEMARNAT, 2010), entre otros.

Los disturbios más importantes del turismo están relacionados con la alteración de hábitats y dinámica poblacional de especies de flora y fauna por, creación de barreras, alteración de

corredores biológicos y perturbación por ruidos (SEMARNAT, 2010), por tal motivo debe trabajarse en seguir planes relacionados al turismo sostenible o responsable, que tenga como objetivo impactar lo menos posible a los ecosistemas naturales.

Ganadería.- La actividad ganadera hace referencia a la domesticación de los animales como cerdos, vacas, pollos, borregos, etc., y es una actividad del sector primario que incluye su cuidado y alimentación, a su vez está enfocada básicamente en la generación de alimentos para consumo humano, puede ser extensiva, intensiva y de autoconsumo (FIRCO, 2017).

La explotación tradicional o extensiva buscaba la adaptación interrelacionada entre el animal, la explotación humana y el medio físico, llegando a un equilibrio en el que se daba un uso sostenible de los recursos y unos aprovechamientos sometidos a los ciclos naturales. Sin embargo, este tipo de explotación es menos rentable económicamente que la explotación intensiva, entre otros motivos porque utiliza más superficie de terreno para criar menos cantidad de animales. Bajo una óptica ambiental, el modelo ganadero familiar contribuye a la degradación del territorio pero en una proporción bastante inferior a la contribución de los sistemas productivos industriales. Cabe destacar que en la explotación extensiva, el aspecto que más repercusión ambiental tiene es el desmonte para la obtención de pastos. (Lorente, 2010).

Por otro lado, en el modelo intensivo o industrial el ganado se encuentra estabulado bajo condiciones de humedad, luz y temperatura creadas de manera artificial. Por otro lado, desde el punto de vista ambiental, el modelo industrial es extremadamente contaminante debido a que concentra una gran cantidad de animales en un espacio reducido de terreno (Lorente, 2010).

La expansión del sector ganadero está ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales mundiales: los pastizales se ven amenazados por el deterioro, los recursos hídricos se están volviendo escasos; la contaminación del aire, el suelo y el agua están aumentando y se están perdiendo los recursos zoogenéticos adaptados a cada lugar (FAO, 2013).

Se reconoce a la ganadería como una fuente importante de gases de efecto invernadero, causantes de la aceleración del cambio climático, Las principales fuentes emisoras de GEI son tres: el uso de la tierra y los cambios en la utilización de la tierra (36 %), la gestión del estiércol (31 %) y la producción animal (25 %), mientras que la producción de piensos, la elaboración y el transporte no representan un porcentaje relevante (7 % y 1 %, respectivamente). En relación con lo anterior, el modelo de producción que más contribuye en la cuenta climática es la ganadería intensiva, ya que su valor en producción y en uso de recursos naturales es superior (Lorente, 2010).

2.3. Restauración y Restauración ecológica.

El concepto restauración se puede aplicar a distintas temáticas, inclusive de la vida cotidiana del hombre, Brandi (2015) menciona que comúnmente se entiende por restauración

cualquier intervención dirigida a devolver la eficiencia a un producto de la actividad humana. En esta concepción genérica de la restauración, se encuentra ya delimitada la noción de una intervención sobre un producto de la actividad humana, siendo tan amplio la utilización del concepto, para casos del presente estudio se utilizará el concepto de restauración bajo un enfoque ecológico.

La restauración ecológica se ha definido como la búsqueda de la recuperación de la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejantes a las presentadas previamente en un ecosistema que ha sido degradado (Márquez-Huitzil, 2005) por medio de un conjunto de técnicas y visiones. Desde una perspectiva simplista, la restauración ecológica podría entenderse como lograr el retorno de un ecosistema dado al estado previo, del cual fue sacado como consecuencia de alguna actividad humana, pero realmente su objetivo no puede ser el de regresar a un ecosistema al punto exacto en el que se hallaba antes de la alteración, sino propiciar que éste asuma una trayectoria de reparación congruente tanto como sea posible con los rasgos generales del entorno (Sánchez, 2005).

En un sentido muy general, la restauración ecológica abarca un diverso conjunto de conceptos y técnicas concebidos para contrarrestar disturbios y restaurar la composición taxonómica, estructura y función de los sistemas biológicos (Vega-Peña, 2005).

A nivel de paisaje, Cotler, Bocco y Velázquez (2005), mencionan que existen dos formas de implementar acciones de restauración de ecosistemas desde la perspectiva de paisaje. La primera se refiere a la “naturalización” del paisaje y la segunda al “refuncionamiento” del mismo. La naturalización comprende la recuperación escénica o visual de un ecosistema y la segunda pone énfasis en aquellos procesos formadores de suelo, ciclos biogeoquímicos, interacciones suelo-planta-animal, entre otros, mencionan además que si se planea adecuadamente, la naturalización del paisaje debe ser una fase del refuncionamiento, que en conjunto llevará a la restauración del ecosistema.

La lección central que parece derivarse de esto es que, mientras que la estrategia de restauración ecológica necesariamente debe tener una visión global, las acciones concretas de solución tendrían que abordarse a las escalas local y regional (Sánchez, 2005).

2.3.1. Importancia de la restauración ecológica.

La importancia de un ecosistema restaurado es que posee las características necesarias para contener un conjunto característico de especies de referencia que proveen una estructura apropiada de la comunidad, además cuentan con la posibilidad de albergar a todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema o, si no, los grupos faltantes tienen el potencial de colonizar por medios naturales. De igual manera, un ecosistema que ha sido restaurado puede llegar a integrarse adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos (Society for Ecological Restoration International, 2004), además de que

cuenta con las características necesarias para proveer de nuevo servicios ecosistémicos para las sociedades cercanas.

2.3.2. Tipos de restauración ecológica.

2.3.2.1. Restauración ecológica activa.

Mola, Sopeña y de la Torre (2018) definen a la restauración activa como la intervención directa del hombre sobre la estructura y características del ecosistema degradado, con el fin de reemplazarlo, rehabilitarlo o restaurarlo para garantizar la existencia de un ecosistema estructurado y funcional, de manera semejante. Vargas (2011), menciona que la restauración activa implica, que con intervención humana, se ayude el ecosistema para superar tensiones que impiden la regeneración y garantizar el desarrollo de procesos de recuperación, básicamente podemos mencionar que la restauración activa es cuando hay intervención humana. . En la práctica, la restauración activa, solo es recomendable cuando el grado de deterioro del ecosistema se encuentra por debajo del umbral que permite que su memoria ecológica se ponga en funcionamiento de forma natural, siendo viable su auto-regeneración (Mola., et al., 2018).

Este tipo de restauración se puede ejercer por medio de diferentes actividades, todas con un mismo objetivo, aunque, antes de realizar actividades en un proyecto de restauración se deben de tomar en cuenta dos factores, el nivel de degradación del sitio que determinará el tipo y/o intensidad de acciones apropiadas para iniciar y favorecer el crecimiento de nueva vegetación, y el potencial de regeneración que determina el tipo y/o intensidad del esfuerzo necesario para restaurar la diversidad de especies en el sitio (Yanguas y Calle, 2015). Algunas actividades que podemos mencionar son las siguientes:

Presas de Morillos.- Es una estructura conformada con postes o troncos de diámetros mayores a 10 centímetros. Esta estructura se usa temporalmente y se construye en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales, en cárcavas pequeñas y angostas, para el control de azolves (CONAFOR, 2007).

Presas de piedra acomodada.- Estructura construida con piedras acomodadas, colocadas transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de la erosión en cárcavas (CONAFOR, 2007).

Presas de gaviones.- Estructura que consiste en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre rellena de piedras. Sirve como protección contra la erosión y, por sus dimensiones, puede variar dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas con alturas mayores de 3 metros (CONAFOR, 2007).

Protección y mantenimiento de caminos.- CONAFOR (2007), menciona que después de la construcción de caminos se deben realizar estructuras y actividades de mantenimiento, principalmente en aquellas relacionadas con la evacuación del agua, para evitar o disminuir la erosión hídrica.

Acomodo de material vegetal muerto.- Consiste en formar cordones a nivel de material vegetal muerto resultante del aprovechamiento forestal, podas, preaclareos, aclareos y material incendiado. El acomodo de estos materiales proporciona protección al suelo, evita la erosión hídrica, incrementa el contenido de humedad en el suelo, lo que favorece la regeneración natural (CONAFOR, 2007) y reduce el riesgo y vulnerabilidad ante incendios forestales.

Brechas cortafuego y su rehabilitación.- Práctica en donde se realiza una franja entre el material combustible para aislar el fuego en las zonas en donde se ha presentado mayor número de incendios. Para abrir brechas cortafuego es necesario considerar cuáles son las zonas de riesgo potenciales (agrícolas, ganaderas o de asentamientos humanos) así como las áreas especiales que se deseen conservar. Estas brechas requieren de mantenimiento para permanecer limpias, por lo tanto, la rehabilitación se realiza removiendo todo el material vegetal hasta llegar a la parte mineral del suelo (Reforestamos México, 2018).

Reforestación y su mantenimiento.- Las reforestaciones por si solas no se consideran como técnica de restauración, es por ello que CONAFOR, (2010) define a la reforestación en un esquema de restauración como un conjunto de actividades que comprende la planeación, la operación, el control y la supervisión de todos los procesos involucrados en la plantación de árboles. Para que la reforestación se logre se deben realizar los estudios de campo necesarios, que permitan conocer las condiciones del sitio a reforestar y definir las especies a establecer, el vivero de procedencia, el medio de transporte, las herramientas a utilizar, la preparación del suelo, el diseño, los métodos, los puntos críticos de supervisión durante las actividades de campo, la protección, el mantenimiento y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito de la plantación.

Para asegurar un mayor grado de éxito en las actividades de reforestación es importante realizar mantenimiento a dichas áreas, el mantenimiento de la reforestación consiste desde la protección de las áreas principalmente ante el ganado, detección y manejo integrado de plagas y enfermedades, podas, aperturas de brechas cortafuego, control de maleza, reposición de plantas muertas (CONAFOR, 2010), además de llevar a cabo un proceso de monitoreo, evaluación, seguimiento y retroalimentación para conseguir una mayor efectividad de la reforestación.

El acompañamiento, apoyo e inclusión de los ejidatarios y/o comuneros es prioritario en la elaboración de procesos de restauración ecológica, ya que cuentan con conocimientos inmejorables de las técnicas y del terreno.

2.3.2.2. Restauración ecológica pasiva.

La restauración ecológica pasiva se centra en eliminar o minimizar las perturbaciones causantes de la degradación, dejando que el ecosistema degradado pueda recuperar por sí mismo su estructura y funcionalidad. Cabe destacar que esta posibilidad siempre debe contemplarse como primera opción, ya que en numerosas ocasiones sus resultados pueden

ser comparables y con frecuencia superiores a los de la restauración activa (Mola., et al., 2018).

2.4. Sucesión ecológica y resiliencia.

Se puede definir como sucesión ecológica como el cambio continuo que sufren los ecosistemas de manera ordenada y sistemática que puede tardar años o incluso siglos en búsqueda del clímax del ecosistema (Marten, 2001).

Martínez (1996), menciona que la sucesión ecológica es el marco conceptual en el cual se basa la restauración ecológica. Los ecosistemas o comunidades que han sido degradados llevan a cabo por sí mismos eventos de recuperación que son parte de un proceso de sucesión. El conocimiento de los procesos de sucesión de los diversos ecosistemas o comunidades permite plantear diferentes enfoques para realizar una restauración ecológica con éxito.

Walt propuso en 1947 el concepto de “sucesión cíclica”, la cual divide en 4 etapas, pionera, constructiva, madura y degenerativa, después de la última empieza nuevamente una fase pionera (Martínez, 1996), fases similares a las que plantea Marten (2001), quien de igual engloba a la sucesión ecológica en 4 fases, la primer fase de crecimiento principalmente relacionada al establecimiento de especies pioneras, la segunda equilibrio o clímax del ecosistema, la tercera de disolución referida a la destrucción del clímax por algún tipo de disturbio y la cuarta de reorganización o repoblamiento del sitio tras ser impactado por el disturbio, de igual manera con especies pioneras o nodriza.

El grado de eficiencia de la sucesión ecológica de un sitio se ve fuertemente relacionado con la resiliencia del mismo, la cual es definida por Gunderson (2000) en Thompson I. (2011) como la capacidad del bosque de recuperarse tras fenómenos de perturbación importantes. La resiliencia es una propiedad ecosistémica emergente que deriva de la biodiversidad en múltiples escalas, y comprende desde la diversidad genética hasta la diversidad paisajística (Thompson, 2011), pero cuando la extensión, la magnitud y la recurrencia de las alteraciones son mayores, ocasionan que las capacidades de resiliencia de un ecosistema sean insuficientes (Sánchez, 2005).

2.5. Enfoque de cuencas.

2.5.1. Cuencas, subcuencas y microcuencas.

Definida por la CONAFOR (2012), la cuenca es el área geográfica por donde transita el agua hacia una corriente principal o sistema de corrientes y que confluye a un punto común de salida. Debido a que tienen límites físicos naturales muy claros, se considera que la cuenca es la unidad geográfica más funcional para la protección, conservación y restauración de los recursos naturales y la administración del agua. Existen dos tipos de cuencas, la hidrológica caracterizada principalmente porque sus límites pueden ser mayores a los topográficos (CONAFOR, 2007) y cuenca de tipo hidrográfica, propia del presente estudio,

conceptualizada por Cotler H. (2010) como unidad territorial que permite el entendimiento espacial del ciclo hidrológico y de las alteraciones por las actividades antrópicas.

La definición de cuenca no establece límites en cuanto la extensión de su superficie, por lo que con base en su tamaño puede recibir denominaciones tales como subcuenca y microcuenca (CONAFOR, 2007). Se define como subcuenca al área que desarrolla su drenaje directamente hacia el curso principal de la cuenca y microcuenca como el área que desarrolla su drenaje hacia el curso principal de la subcuenca (CONAFOR, 2012), la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes (FAO, s.f.). La importancia de la microcuenca recae en que ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales. Reconoce los diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua, y las necesidades del medio ambiente (GWP, 2009).

2.5.2. Importancia del enfoque de cuencas.

El enfoque de cuencas se muestra como un proceso adaptativo, flexible y dinámico que alinea, coordina y construye programas hacia objetivos comunes en donde se presenta una interacción entre territorios y usuarios cuenca arriba y cuenca abajo (Cotler, 2010), ya que es probable que las comunidades tengan intereses comunes, por lo tanto la participación conjunta de actores y usuarios de los servicios y recursos de las cuencas, harán posible la aplicación de todas las acciones técnicas directas e indirectas que la cuenca requiere (World Vision, 2004).

Todas las actividades productivas en el territorio de una cuenca generan externalidades negativas transportadas por el agua el cual constituye un indicador de la salud ambiental de la cuenca. El enfoque de cuencas ayuda a determinar las fuentes contaminantes, sus intensidades e impactos en la dinámica eco-hidrológica de la cuenca. Permite priorizar zonas de trabajo y aumenta la coherencia de las acciones para resolver problemas, que a su vez puede facilitar la colaboración entre instituciones para resolver dichos problemas ambientales y sociales (Cotler, 2010).

CONAFOR (2007), menciona que la importancia de aplicación de trabajos con enfoque de cuencas radica en que se pueden cuantificar y evaluar los efectos de las diferentes actividades del hombre. Es vital considerar que el agua es el elemento unificador de la cuenca; muchos de los fenómenos que se cuantifican en ella, tienen que ver con el fenómeno hídrico.

Para el presente estudio, el trabajar con un enfoque de cuencas fue necesario debido a que a nivel microcuenca se representa de manera más clara la dinámica de las colonias de Mariposa Monarca durante su estadía en el país, principalmente realizando desplazamientos

en búsqueda de mejores condiciones microclimáticas y de humedad (García-Serrano E., 1997).

2.6. Antecedentes.

Nivel internacional.

Little y Lara (2010) dentro de su estudio titulado “Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile” quienes proponen que en cuencas alteradas por actividades antropogénicas, la provisión de agua puede ser recuperada utilizando los principios y prácticas de la restauración ecológica, mediante una imagen de referencia que integre aspectos ambientales, económicos y sociales, e incluya el incremento de la investigación científica y educación. Concluyen que es necesario avanzar urgentemente en el conocimiento científico y su divulgación social, respecto a los servicios ecosistémicos, incorporando enfoques de trabajo y metodologías transdisciplinarias.

Dentro de procesos de evaluación de la restauración ecológica se cuenta con el trabajo de Aguilar y Ramírez (2015) quienes dentro del primer capítulo de su investigación se basan en una caracterización de los proyectos de restauración de Colombia, con el objeto de extraer lecciones aprendidas e identificar los factores que han contribuido o entorpecido al avance de la disciplina en el país colombiano. El objetivo de esta sección es evaluar el avance de la disciplina con respecto a la evaluación y el monitoreo y hacer una serie de recomendaciones para subsanar las deficiencias encontradas.

Dentro de su estudio se realizó un análisis de país sobre el estado de la restauración ecológica buscando que la información viniera directamente de las personas responsables de los proyectos a través de un índice de refinamiento del monitoreo, concluyendo que en la restauración ecológica, el monitoreo es fundamental para determinar si las acciones realizadas han generado los cambios esperados y si estos han ocurrido o están ocurriendo en la dirección deseada y a la velocidad proyectada en el plan original.

Kribeche, en su tesis doctoral en 2014, concluye que los modelos de la dinámica y el funcionamiento de ecosistemas son herramientas muy cruciales en el dominio de la restauración de ecosistemas degradados y de la ordenación del territorio, estos modelos permiten evaluar el estado funcional del ecosistema degradado, definiendo si son susceptibles de recuperarse sin la ayuda y la intervención de los gestores o bien se requieren esfuerzos de restauración ecológica para lograrlo.

Nivel Nacional.

Torres, González, Rustrián y Houbron (2013) utilizaron el enfoque de cuencas para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad del río seco en el Estado de Veracruz, usando un sistema de información geográfica para localizar las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación relacionados con asentamientos humanos y la

determinación de la calidad de agua se realizó mensualmente durante los seis meses de la temporada de lluvias. Concluyendo que la evaluación de la demanda química de oxígeno (DQO) permite catalogarlo como contaminado y fuertemente contaminado, mientras las concentraciones de nitrógeno nos indican que es un río eutroficado.

En 2009 la CONAFOR puso en marcha el programa de restauración forestal en cuencas hidrográficas prioritarias, que surgió como una nueva estrategia para lograr una transición del esquema de reforestación tradicional de eficiencia limitada y alta dispersión al esquema de reforestación intensiva en cuencas prioritarias. Teniendo como objetivo el de restaurar y reforestar áreas degradadas de las microcuencas en zonas prioritarias, mediante la realización de acciones de restauración de suelos, reforestaciones y demás actividades necesarias para la restauración de los ecosistemas en 10 zonas prioritarias del país (CONAFOR, 2012).

Torres (2010), habla sobre el programa federal ProÁrbol surgido en 2007 con el objetivo de fomentar e incentivar la conservación, protección y restauración de los recursos forestales, así como el aprovechamiento ordenado y sostenible de los mismos. Expone que el programa ProÁrbol ha fortalecido al sector forestal a través de un incremento al presupuesto asignado hacia este sector distribuidos principalmente a la incorporación de superficies a esquemas de conservación mediante el pago por servicios ambientales y a la restauración de áreas forestales deterioradas.

Dentro del trabajo de Arriaga y Fernandez (2010), hace referencia a la comunidad de Texocuixpan, municipio de Ixtacamaxtitlán, Puebla, en donde ocurrió un incendio forestal muy destructivo que afectó profundamente la zona denominada por los pobladores “La Cañada”, en donde con la conjunción de esfuerzos entre los campesinos de una comunidad y el apoyo y asesoría de las dependencias de gobierno se logró restaurar con bastante éxito un bosque arrasado por un incendio de copa, en donde se muestra no sólo un avance en la técnica de restauración, sino una comprometida participación de la comunidad campesina, punto clave para el éxito de estas acciones.

Dentro de la tesis “Evaluación del éxito de estrategias de restauración activa y pasiva del bosque mesófilo de montaña” de Trujillo, (2017), evaluaron la estructura, diversidad y composición de árboles adultos, juveniles y plántulas de una plantación mixta con especies nativas de bosque mesófilo de monaña y dos áreas de restauración pasiva con el objetivo de evaluar el éxito de estrategias de restauración activa y pasiva después de 21 años en potreros abandonados en Huatusco, Veracruz, México. Los resultados muestran que la restauración pasiva y activa puede complementarse como estrategias de recuperación de bosque mesófilo de montaña a escala del paisaje.

Venegas, creó en 2016 un manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados utilizando para la reforestación únicamente especies nativas en zonas prioritarias previamente identificadas, mostrando una serie de herramientas prácticas para

que las especies utilizadas en proyectos y programas de reforestación con fines de restauración de ecosistemas degradados se establezcan en sitios ubicados dentro de su área de distribución natural.

Nivel Regional.

El área de la RBMM ha sido lugar para la realización de diferentes y muy diversas investigaciones y proyectos, algunos de los trabajos relacionados con temas del presente estudio se muestran a continuación.

A nivel regional, CONAFOR llevó a cabo en 2009 el programa especial para la restauración de las microcuencas en zonas prioritarias del sistema Cutzamala (Michoacán y Estado de México) y de La Marquesa (Estado de México y Distrito Federal), tiene como objetivo restaurar áreas degradadas de las microcuencas en zonas prioritarias del Sistema Cutzamala y de la Marquesa mediante la realización de acciones de restauración de suelos, reforestación y demás actividades necesarias para la restauración de los ecosistemas bajo un esquema multianual. La importancia de la región Cutzamala-La Marquesa recae en que abarca y abastece a una de las concentraciones humanas más grandes y complejas del mundo como lo es la Ciudad de México, por tal motivo es fundamental considerar acciones de protección, conservación y restauración en la región.

La CONANP y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2019) crearon el Programa de Adaptación al Cambio Climático (PACC) del Complejo Mariposa Monarca (CMM) delimitado por ANP donde la CONANP tiene registros de colonias de Mariposa Monarca. El PACC se creó bajo los objetivos de brindar información a los manejadores de las cinco ANP de la región y a los distintos actores en el territorio, sobre los escenarios del cambio climático y sus posibles impactos sobre los objetos de conservación socio-ambientales, las comunidades y los medios de vida que dependen de las funciones y servicios ecosistémicos del CMM, identificar medidas de adaptación al cambio climático en la región, a través de procesos participativos y considerando los enfoques de Adaptación basada en Ecosistemas y de Reducción del Riesgo de Desastres e involucrar a distintos actores del CMM en el proceso de implementación de medidas de adaptación que permitan, tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas del complejo, adaptarse ante los escenarios climáticos y, por lo tanto, a ser menos vulnerables, resultando principalmente en la selección de 11 medidas de adaptación, como por ejemplo la restauración ecológica estratégica.

En el trabajo de Champo, Valderrama y España (2012), se analiza la pérdida de cobertura forestal en la RBMM en el periodo entre 2006 y 2010 a partir de imágenes satelitales de alta resolución, con el objetivo de estimar la pérdida de bosque en la reserva en el periodo marzo 2006 - febrero 2010, a partir del análisis comparativo de dos imágenes SPOT de estas fecha. El análisis de las imágenes permitió distinguir dos tipos de cobertura de la RBMM, correspondientes a la zona arbolada y la no arbolada, lo que permitió la comparación de los dos mapas obtenidos con el fin de cuantificar la deforestación en el periodo estudiado. Las

pérdidas dentro de la zona de oyamel suman un total de más de 2000 ha, lo que corresponde a una tasa de deforestación de más de 500 ha. por año; en la zona núcleo la tasa es de más de 300 ha. por año.

La investigación de Valenzuela y López (2017) se plantea como objetivo principal determinar la efectividad de las fotografías aéreas infrarrojas para la respuesta espectral característica de un daño ocasionado a la cubierta forestal en el bosque de *Abies religiosa* de la RBMM, donde se analizó una superficie de 1,907 ha en sierra Chincua, donde la mayor afectación se dio en zona núcleo con 97 puntos (62%) con más del doble de densidad de individuos (11 árboles/km²) en comparación con la zona de amortiguamiento (4 árboles/km²). Este mayor daño es debido a las políticas de manejo forestal, que establecen el no manejo (incluido el saneamiento) en la zona núcleo.

WWF realiza monitoreos anuales de la degradación forestal en la zona núcleo de la RBMM, a través de la comparación estereoscópicamente de fotografías aéreas y verificación en campo, éstos son la base para la entrega de los incentivos económicos del Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. La WWF reporta que desde la temporada 2011-2012 a la temporada 2015-2016 se han degradado un total de 138.87 ha en zona núcleo debido a tala ilegal, saneamiento y principalmente a la tormenta invernal del 2016 (WWF, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016).

Honey-Rosés, Maurer, Ramírez, y Corbera (2017) realizaron una cuantificación de la restauración activa y pasiva en el centro de México de 1986 a 2012, con el objetivo de distinguir estos dos procesos en los bosques templados prioritarios que rodean la RBMM, mediante la combinación de un análisis de imágenes de sensores remotos con entrevistas de campo para examinar los mecanismos y los factores que impulsan la recuperación observada de los bosques. Derivado del análisis de las imágenes satelitales se reveló un aumento neto de 3,798 ha de bosques entre 1986 y 2012. Los datos de las entrevistas revelaron que la gran mayoría de los bosques recuperados son el resultado del rebrote natural (reforestación pasiva), se estimó que entre 58 y 429 ha se han recuperado de los esfuerzos de reforestación activa en el período 1986–2012. Los resultados sugieren que las inversiones en reforestación se pueden gastar sabiamente para apoyar y mantener la resiliencia natural de los bosques en lugar de programas costosos de reforestación.

Por medio de la utilización de herramientas SIG para realizar cartografía de claros y a través de muestreos en 45 sitios Vizcaíno (2016) caracterizó claros en el dosel del bosque de la RBMM ocasionados por diferentes disturbios presentados en el área, además cuantificó la regeneración natural de *Abies religiosa* que se da tanto en el dosel del bosque como en claros de distintos tamaños. Derivado de su análisis se encontró que existe evidencia de regeneración natural exitosa de *Abies religiosa* que es mayor en claros que debajo del dosel del bosque, sin que esta se vea influenciada por tamaño, exposición de ladera y altitud en la que se encuentran los claros.

Carbajal (2017) discutió el efecto de plantas nodrizas en un ensayo de procedencias de *Abies religiosa* en la RBMM, encontrando que en promedio el índice de estrés de las plantas con y sin nodrizas es de 2.8 y 5.6 respectivamente; además se encontró una alta relación entre el índice de estrés y la cantidad de clorofila que se presenta en cada una de las plantas. Además, las ventajas de utilizar plantas nodrizas en este estudio se reflejaron en la supervivencia, crecimiento en altura y en el bajo estrés de las plántulas de oyamel al ser transferidas altitudinalmente entre 50 y 450 metros hacia arriba de la montaña. De igual manera se concluyó en que tanto en las reforestaciones tradicionales como las de migración asistida, el uso de plantas nodrizas favorece la supervivencia y desarrollo de las plántulas de oyamel.

3. Descripción del área de estudio.

3.1. Ubicación Geográfica

La RBMM se localiza entre los estados de México y Michoacán, se encuentra comprendida por los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, y Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro, Aporo y Talpujahuá en el Estado de Michoacán, cabe aclarar que al momento de la ampliación del área protegida los predios correspondientes a lo que hoy es San José del Rincón correspondían a San Felipe del Progreso. Tiene una extensión general de 56,259 hectáreas, de las cuales se encuentran divididas en tres zonas núcleo con una superficie total de 13,551 hectáreas y dos zonas de amortiguamiento de 42,707 hectáreas de superficie total (Programa de Manejo RBMM, 2001). La división de la RBMM en zonas núcleo y zonas de amortiguamiento, permiten una mejor categorización e identificación de la zona (Figura 1).

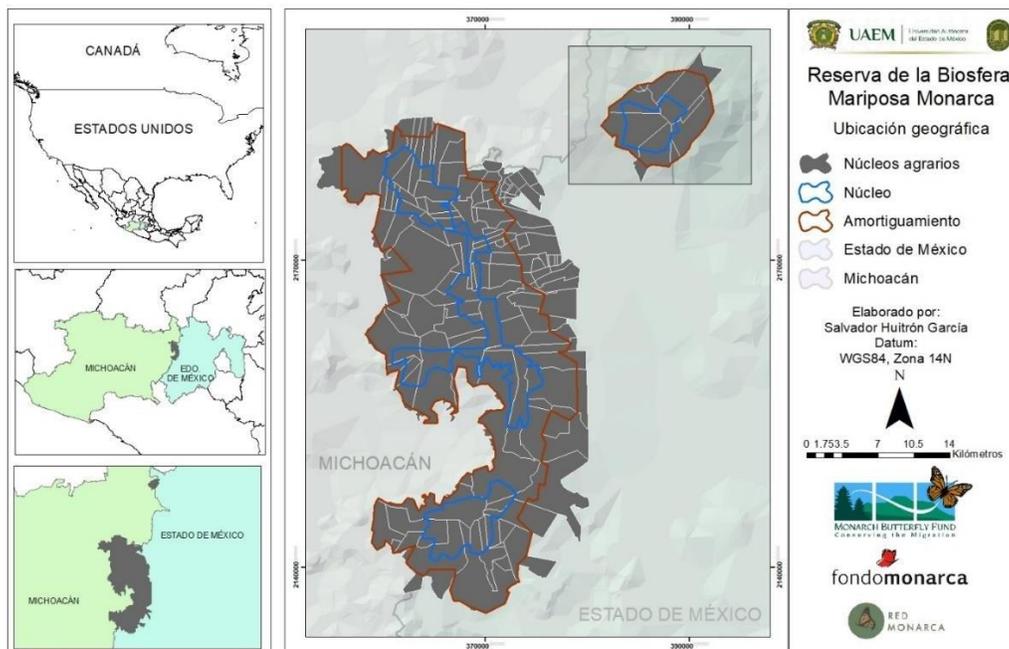


Figura 1. Mapa de Ubicación de la RBMM. Elaboración propia con información del Fondo Monarca (2019).

3.2. Características Físico-Geográficas.

La RBMM pertenece a la Provincia Fisiográfica del Eje Volcánico Transversal, que marca el extremo sur de la Altiplanicie Mexicana y la separa de la Depresión del Balsas, posee un sistema montañoso discontinuo, intensamente disectado por fuertes procesos tectónicos, compuesto de un conjunto de sierras y lomeríos. El 77% de la superficie total, se encuentra agrupada en la porción centro-sur, separada por pequeños valles intermontanos; que cubren el 12% y el 6% son llanuras (Programa de Manejo RBMM, 2001).

Las máximas elevaciones de la región se encuentran ubicadas en su mayoría dentro de la zona de la reserva y corresponden al Cerro Altamirano; 3,320 msnm. Hacia el norte, Sierra Campanario, 3,640 msnm., Cerro El Mirador 3,340 msnm., Huacal, 3,200 msnm., Chivatí 3,180 msnm. y Cerro Los Madroños 3,040 msnm., en el corredor Sierra Chincua-Campanario-Chivatí-Huacal. En la porción sur destacan, Cerro Pelón, 3,500 msnm., Cacique, 3,300 msnm., El Piloncillo 3,300 msnm. y Cerro La Palma 3,300 msnm (Programa de Manejo RBMM, 2001).



Cerro Altamirano, RBMM, 2019. Fotografía: Salvador Huitrón García.

3.3. Hidrología.

La RBMM se encuentra situada principalmente en la cuenca del Río Cutzamala y otra parte de su superficie en la cuenca del Río Lerma, dos de las cuencas más importantes del país debido a los servicios ambientales que le ofrecen a grandes urbes de México, estas grandes cuencas se dividen a su vez en 9 subcuencas que alimentan a manantiales, presas en los dos Estados y numerosos cuerpos de agua más pequeños que abastecen a los centros urbanos y localidades de la región, así como a las ciudades de México y Toluca entre otras.

3.4. Clima.

La región se caracteriza por la predominancia de elementos de paisaje templado de altura, presenta en general un clima Cw, templado subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas

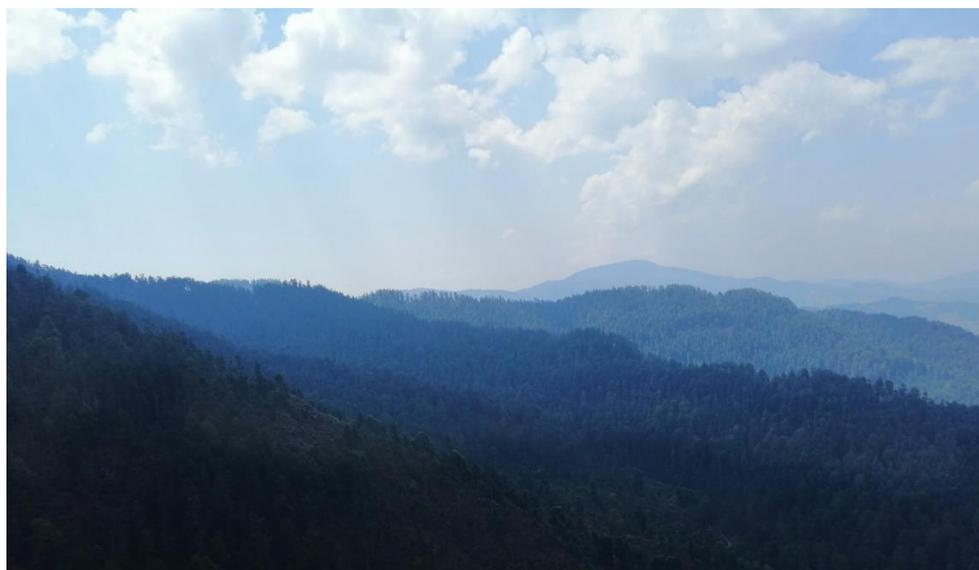
medias anuales de 8° a 22° C, precipitaciones promedio desde 700 mm. hasta 1,250 mm. y temperaturas mínimas para el mes más frío de entre -3° y 18° C. (Programa de Manejo RBMM, 2001).

3.5. Características Biológicas.

3.5.1. Vegetación.

Dentro de la RBMM se pueden encontrar cuatro especies fuertemente presentes en la misma (Oyamel, Pino, Encino y Cedro), de igual manera se presentan asociaciones entre algunas de estas especies, su presencia se debe principalmente por la altura en la que se encuentran dentro de la Reserva (Programa de Manejo RBMM, 2001).

El Bosque de Oyamel se distribuye desde los 2,400 hasta 3,600 msnm. Es la comunidad más representativa de la zona núcleo, ocupa importantes extensiones del subsistema montañoso y las partes altas de los aparatos volcánicos, se caracteriza por la predominancia de *Abies religiosa* y constituye el hábitat característico de la mariposa monarca (Programa de Manejo RBMM, 2001).



Bosque de *Abies religiosa* en la RBMM, 2019. Fotografía: Salvador Huitrón García.

El Bosque de Pino y Oyamel, se localiza en una franja altitudinal entre los 2,400 y 3,000 msnm. El Bosque de Pino, se presenta en manchones aislados, la mayor parte de ellos se desarrollan a altitudes entre 1,500 y 3,000 (Programa de Manejo RBMM, 2001).

El Bosque de Encino está asociado a procesos de sucesión en áreas desprovistas de su vegetación originaria, por lo que se distribuye debajo de la cota de los 2,900 msnm. aunque en algunos lugares se llega a encontrar hasta los 3,100 msnm. El Bosque de Cedro aunque de distribución restringida comparte espacio con el bosque de encino, principalmente al sur del ANP, en el Santuario de Cerro Pelón, entre los 2,400 y 2,600 msnm (Programa de Manejo RBMM, 2001).

3.5.2. Fauna Silvestre.

La región de la Mariposa Monarca está igualmente representada por una gran diversidad de especies de fauna silvestre. Al localizarse dentro del eje neovolcánico, área donde confluyen dos grandes regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, se tienen especies representativas de ambas regiones, donde sobresalen *Acer negundo var. Mexicanum*, *Pinus martinezii*, *Ambystoma ordinarium*, *Pseudoeurycea belli* y *P. robertsi*, *Microtus mexicanus*. (Programa de Manejo RBMM, 2001).

3.6. Uso del Suelo

El principal uso del suelo dentro de la reserva es la agricultura, donde paulatinamente se han ido cambiando las técnicas y procesos tradicionales llevados a cabo de generación en generación, por técnicas modernas que han ido matando esa parte cultural e inclusive más amigable con la naturaleza. La cubierta forestal de la RBMM es de igual forma uno de los usos del suelo más representativos dentro de la misma, pero este se ha visto afectado por dos usos que han ido creciendo de manera rápida en los últimos años, como lo es la ganadería y las tierras ocupadas por plantaciones de aguacate, que debido a sus beneficios económicos han ocasionado un cambio del uso del suelo por parte de los distintos pobladores de los predios de la RBMM, provocando un disturbio ambiental fuerte en la zona (Programa de Manejo RBMM, 2001).

3.7. Tenencia de la tierra.

La diversidad con la que cuenta la RBMM, no solamente consta de temas como la flora y la fauna de la región, sino que también se presenta una diversidad en cuanto a la tenencia de la tierra de los núcleos agrarios que conforman la reserva. Dentro de la RBMM predomina la propiedad social y algunos predios de carácter privado, que se distribuyen entre 83 ejidos, 13 Comunidades Indígenas y 18 Pequeñas Propiedades, del mismo modo cuenta con un área de carácter federal y una estatal, estas últimas ubicadas dentro de Sierra Chincua, también existen dentro del territorio de la RBMM dos predios en litigio, uno en Donato Guerra y otro en Villa de Allende (Figura 2).

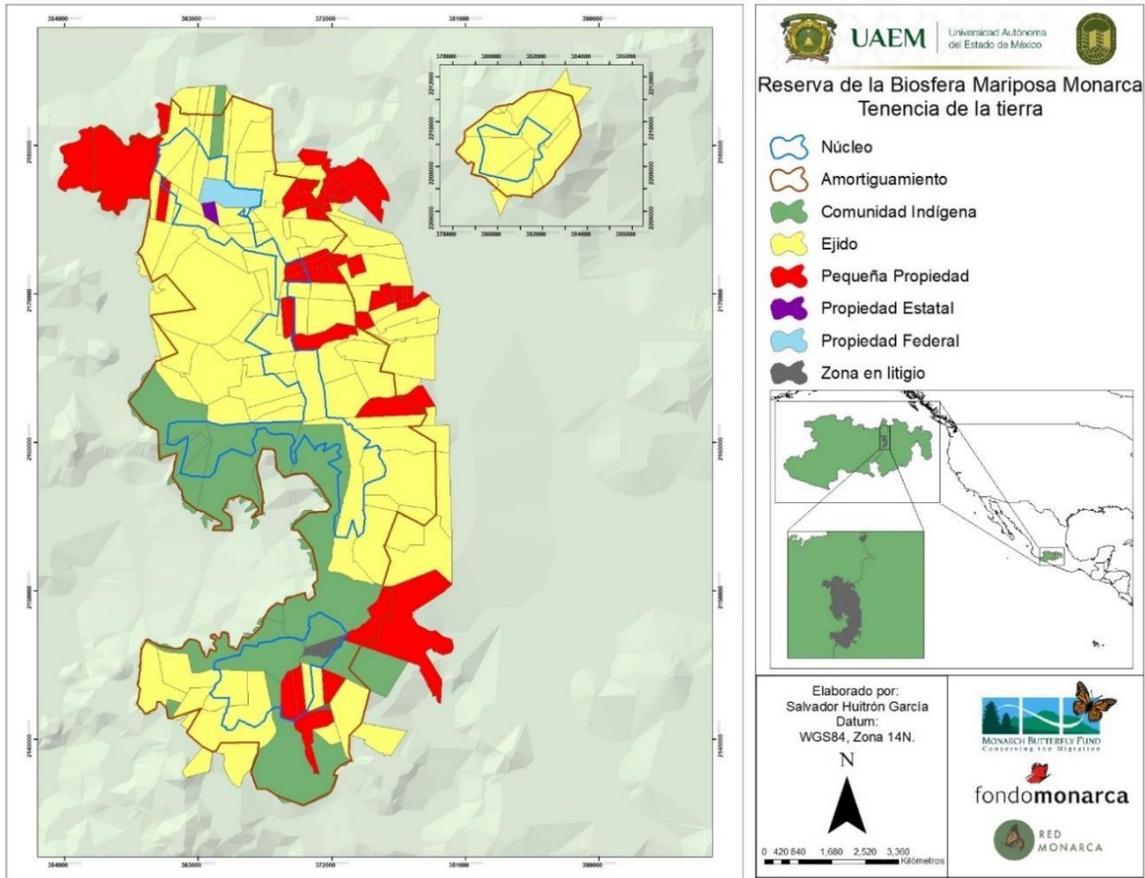


Figura 2.- Tenencia de la tierra en la RBMM. Elaboración propia con información de Fondo Monarca (2019).

Es importante destacar que los problemas que se presentan en la RBMM relacionados con la tenencia de la tierra son principalmente por temas de linderos entre predios, lo cual no ha sido un impedimento para la realización de estudios y trabajos en la zona, el mayor reto que se puede exponer al trabajar en la zona es tener que acoplarse a la dinámica y manera de trabajar que tienen de forma tan particular cada uno de los núcleos agrarios de la RBMM.

La mayoría de los núcleos agrarios se constituyeron en las décadas de los años 30 y 40, por lo que en años recientes la región vive procesos de envejecimiento ejidal, debido a que la adquisición de derechos ejidales sólo puede darse por herencia o cesión de derechos por parte del ejidatario y por qué los derechos no son divisibles, de ésta manera, la mayoría de los jóvenes y un número importante de adultos carecen de derechos así como de perspectivas para adquirirlos. Lo anterior implica que la mayoría de las familias no tenga acceso a la tierra ni a los recursos naturales que les permita subsistir en el ejido, así el envejecimiento ejidal también origina que los jefes de familia jóvenes, que son quienes generalmente tienen mayor nivel de escolaridad y experiencia fuera de la comunidad, estén al margen de las instancias de tomas de decisión ejidales y de la información relativa a los beneficios económicos obtenidos de las actividades turísticas o forestales, entre otras. Esta

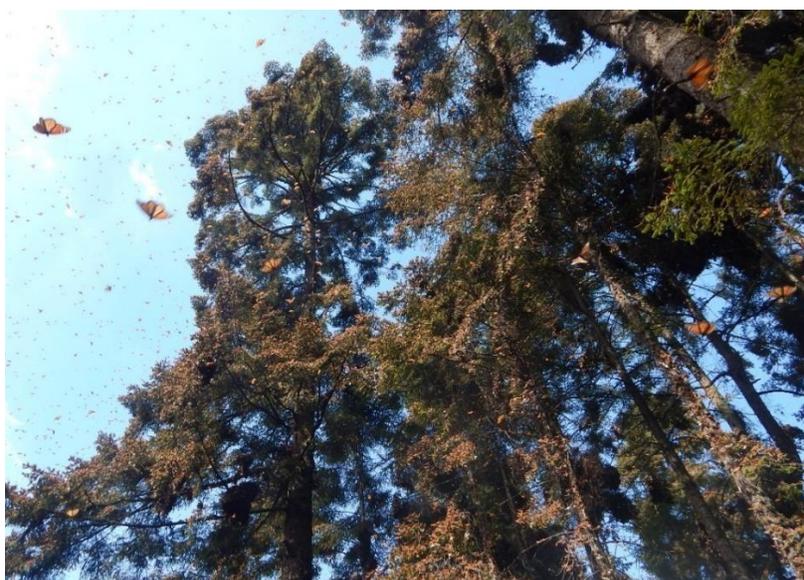
situación establece una clara diferencia social y generacional entre la población que goza de derechos agrarios y la que no los tiene (Programa de Manejo, 2001).

Aunado a lo anterior, este envejecimiento ejidal ha sido un factor para que cada día aumente la migración de padres de familia e hijos hacia las grandes urbes del país e incluso al extranjero, principalmente a nuestro país vecino de Estados Unidos, siendo una problemática, ya que muy pocas personas regresan para invertir dinero, tiempo y trabajo dentro de su comunidad o ejido de origen, generando entre otras cosas una pérdida de los conocimientos generacionales transmitidos por los ejidatarios y comuneros de mayor edad.

3.8. Sitios de hibernación de Mariposa Monarca en México.

Relacionado con los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México tenemos que retroceder a los años 70's, cuando en 1975 Kenneth Brugger, un ciudadano norteamericano que trabajaba en México y su esposa mexicana Kathy Aguado, descubrieron con el apoyo y aliento de los científicos Urquhart en enero de 1975 la primer colonia de hibernación de Monarca en México ubicada en Cerro Pelón, una montaña de 3,500m de altura en el Eje Neovolcánico Transversal, como a 120 km al occidente de la ciudad de México (Brower , 1999).

Urquhart escribió que en su viaje de descubrimiento de 1975, los Brugger encontraron dos concentraciones casi iguales con sólo unas millas de distancia entre sí. Al unir la información resultante de las investigaciones de Brower con Calvert y de las publicaciones de los Urquhart, se dedujo que este segundo sitio era la colonia de Sierra Chincua (Brower, 1999).



Colonia de Mariposa Monarca, Santuario El Rosario, 2019. Fotografía: Salvador Huitrón García.

En 1977 Brower, Calvert y Javier de la Maza, comenzaron un grupo de expedición con la finalidad de determinar cuál era el grado de hibernación de las Mariposas Monarca en

México. Para 1986 habían localizado aproximadamente un total de 30 colonias de hibernación en nueve macizos montañosos separados, todas entre 70 y 170 kilómetros al occidente de la Ciudad de México, en los Estado de México y Michoacán. Su trabajo confirmó que el fenómeno de hibernación se halla íntimamente asociado a los bosques de oyamel (*Abies Religiosa*) (Brower, 1999).

Lo anterior debido a que estos bosques generan un microclima único que buscan las Mariposas Monarca para llevar a cabo su hibernación, ya que son de características similares a los bosques de Canadá en donde comienzan su migración, es por ello que México cuenta con la labor de conservar, proteger y restaurar este ecosistema que es altamente vulnerable a los diferentes disturbios que se presentan en la zona.

Derivado de las primeras expediciones y artículos exponiendo el descubrimiento y ubicación de los sitios de hibernación de Monarcas en México, diferentes investigadores e instituciones públicas y privadas comenzaron a realizar monitoreos anuales de estos sitios, con los cuales se puede mencionar que actualmente dentro de la RBMM encontramos colonias de Mariposa Monarca en Sierra Altamirano, Sierra Chincua y Cerro Pelón, además de encontrar colonias de Mariposas Monarca cerca del PN Cerro de Garnica en el Estado de Michoacán y el APRN de Valle de Bravo, APFyF Nevado de Toluca y en el municipio de Atlautla dentro del Estado de México.

En la actualidad prácticamente todas las colonias del área de hibernación están abiertas al público, con una afluencia de más de 600 000 visitantes al año (De la Maza, 2010), siendo los Santuarios El Rosario y Sierra Chincua, ambos en el estado de Michoacán los que mayor visitantes reciben en la época que la Mariposa habita los bosques de México, puesto que son los santuarios que albergan las colonias más grandes de Monarca y además, cuentan con la mejor infraestructura para los visitantes.

4. Materiales y métodos por objetivo particular.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el trabajo se utilizaron principalmente dos programas, Excel 2013 para el trabajo y organización de la información en bases de datos dinámicas y el programa ArcMap 10.4.1 por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el procesamiento digital y representación cartográfica de la información organizada en las distintas bases de datos elaboradas.

4.1. Delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias.

Para delimitar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca se utilizaron los registros históricos publicados por diversos autores como Calvert, 1982; Calvert y Brower 1985; Mejía, 1991; Alonso, 1994; Hoth, 1994; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), 1997; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), ahora SEMARNAT, 1998; García-Serrano, 2002 y World Wildlife Fund (WWF), 2017.

Una vez recopilados los datos históricos de los autores mencionados, se ordenó el total de la información de manera homogenizada en una sola base de datos dentro del programa Excel 2013, con la información organizada por autor, ANP, santuario, estado, tipo de propiedad, paraje, año y ubicación geográfica representada en coordenadas geográficas. Para la conversión a coordenadas UTM se utilizó una plantilla automatizada con el objetivo de reducir los errores en la captura de los datos referentes a la ubicación geográfica de la información, lo que generaría problemas para el trabajo digital de estos archivos, la ubicación geográfica con formato UTM se agregó de igual manera a la base de datos final.

Con el apoyo del programa ArcMap 10.4.1 se desarrolló un procesamiento digital de los registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca convirtiendo los datos a formato shapefile compatible con el programa, de igual manera se asignó a los registros históricos una proyección geográfica UTM Zona 14N correspondiente al área de estudio. Por medio de un proceso de interpolación de capas de información, se ubicaron las colonias o registros históricos en la capa de la RBMM, PN Cerro de Garnica, PN Bosencheve, APRN Valle de Bravo y APFyF Nevado de Toluca situándose los registros en un corredor de áreas protegidas relevantes para la conservación de los sitios históricos de colonias de Mariposa Monarca.

Una vez georeferenciados y posicionados los registros históricos dentro del área de estudio, se sobrepuso la capa informativa referente a las microcuencas que abarcan la superficie de la reserva (FIRCO, 2010) para realizar la selección de las Microcuencas prioritarias.

Con base en la distribución de los registros históricos y en un análisis espacial se identificaron las metacolonias de Mariposa Monarca dentro de la RBMM y su área de influencia. Con base en estos criterios se seleccionaron las Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México.

Una vez concluido el procesamiento digital e identificación de las Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca, se elaboró una caracterización hidrológica, social y ambiental de las Microcuencas catalogadas como prioritarias utilizando: (i) la regionalización de cuencas hidrológicas propuestas por FIRCO; (ii) la situación actual de las cuencas (registros históricos de colonias de Mariposa Monarca, núcleos agrarios, estado de conservación del bosque (Ramírez, et al., 2006), superficie total, superficie protegida y superficie por núcleo agrario, hidrología, suelo y población) y; (iii) el número de registros históricos de colonias de hibernación.

Finalmente se realizaron mapas temáticos para la representación cartográfica y visual de la información procesada en el programa ArcMap 10.4.1.

4.2. Identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro.

Con el objetivo de identificar y ubicar los diferentes disturbios ambientales y las acciones de restauración ecológica que han tenido lugar dentro de la RBMM se realizaron dos procesos base, el trabajo con bases de datos y el trabajo con herramientas SIG para análisis de la información.

Durante varias décadas se han presentado impactos positivos y negativos en los bosques de hibernación de la Mariposa Monarca que traen como consecuencia una progresiva fragmentación del bosque y una degradación y/o recuperación de la cubierta forestal. A la fecha se han identificado diversas fuentes de degradación forestal en la RBMM tales como, los incendios forestales, el arbolado derribado por viento y tormentas, saneamiento, tala ilegal, turismo, deslaves y ganadería que corresponde a los principales disturbios analizados en el presente estudio.



Disturbios ambientales presentes en la RBMM, 2019. De izquierda a derecha. Ganadería, plaga forestal y turismo. Fotografías: Salvador Huitrón García.

Durante el desarrollo del segundo objetivo particular se solicitó y revisó información de seis instituciones del Gobierno Federal y Estatal (Anexos 1-3), además de permisos oficiales de aprovechamiento, saneamiento y contingencias. La información recibida se organizó en una base de datos correspondiente a los disturbios ambientales ocurridos en la RBMM homogenizada y ordenada por estado, municipio, predio, tenencia, año, zonificación, fecha y ubicación geográfica en formato UTM dentro de la cual se realizó una sumatoria del número de hectáreas y kilómetros destinados en actividades o programas de restauración, protección y conservación de la RBMM y por cada Microcuenca prioritaria.

Posteriormente dentro del programa ArcMap 10.4.1 se realizó una conversión de los datos a formato shapefile para conformar los registros en capas de información por cada tipo de disturbio para su visualización en la RBMM, posteriormente se llevó a cabo una sobre posición de capas para identificar espacialmente los disturbios ambientales como los incendios forestales, tala ilegal, turismo representado en los senderos turísticos dentro de tres santuarios de la Mariposa Monarca, deslaves, derribo de arbolado por viento, saneamiento y ganadería, presentes en la RBMM.

Por último, se efectuó la elaboración de mapas temáticos correspondientes a los disturbios ambientales dentro de cada una de las Microcuencas para su representación cartográfica.

Por otro lado, se revisaron 28 Programas de Mejores Prácticas de Manejo de los predios en zona núcleo, información de los Pagos por Servicios Ambientales Hidrológicos, Programas de Manejo Forestal Maderable y los resultados del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa, con el objetivo de identificar las acciones de conservación, restauración y protección de la RBMM. De igual manera, con la información obtenida se creó una base de datos con la información homogenizada referente a las distintas acciones de restauración, protección y conservación realizadas por diversos actores en la RBMM, organizando los datos por estado, municipio, predio, tenencia, actividad, ubicación geográfica en formato UTM y para el caso de acciones representadas en líneas y polígonos, se colocaron los campos correspondientes a longitud en kilómetros y área en hectáreas respectivamente.

La información relacionada con las acciones de restauración, protección y conservación realizadas en la RBMM se encontraban en formato shapefile, por tal motivo, dentro del programa ArcMap 10.4.1 únicamente se realizó una fusión de los archivos que correspondían a una misma actividad en un solo archivo shapefile con la finalidad de organizar adecuadamente la información, seguidamente, se realizó una sobre posición de capas informativas correspondientes a reforestaciones, acomodo de material combustible, colocación y mantenimiento de letreros, ubicación y protección de manantiales, mantenimiento de reforestación, monitoreo de regeneración natural, vigilancia comunitaria, creación y mantenimiento de brechas cortafuego y mantenimiento de caminos. Para ubicar las acciones de restauración ecológica realizadas dentro de la RBMM se elaboraron las representaciones cartográficas de cada una de las Microcuencas prioritarias ubicando espacialmente cada acción de restauración identificada.



Acciones de restauración ecológica en la RBMM, 2019. De izquierda a derecha, presa de piedra acomodada, reforestación asistida protegida y COCOONS. Fotografías: Salvador Huitrón García.

Además, es importante mencionar que tanto para el caso de los disturbios ambientales como para las acciones de restauración ecológica, se obtuvieron datos derivados de 30 recorridos de campo y con el apoyo del Global Positioning System (GPS) se obtuvo la información del posicionamiento geográfico de los distintos disturbios o acciones, también se consiguió

información correspondiente al turismo, específicamente referido al levantamiento digital de los senderos turísticos dentro de los principales santuarios de Mariposa Monarca.

4.3. Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca.

La evaluación de las actividades de restauración ecológica se realizó en dos fases: primero una evaluación de las actividades de restauración conforme el estado sucesional en el que se encuentra el sitio restaurado y segundo una evaluación de la participación en dichas actividades y la inversión realizada por distintos programas.

Con base en los registros organizados referentes a disturbios ambientales y recorridos de campo acompañado de las autoridades de los predios, se seleccionaron seis sitios afectados por disturbios de gran magnitud en donde se identificaron las acciones de restauración ecológica realizadas por diversos actores en dichas áreas, evaluando el éxito de la recuperación forestal basado en la etapa sucesional en la que se encuentra cada sitio. Con el apoyo de información científica publicada se identificaron las posibles causas que han atrasado la sucesión ecológica del lugar.

Para evaluar el nivel de participación de actores y programas por medio de la inversión realizada en los distintos predios que conforman la RBMM durante 2012-2017, se solicitó información a la dirección de la RBMM, al Fondo Monarca y con la misma finalidad se descargó información del conjunto de datos abiertos de la CONAFOR.

La información obtenida fue principalmente del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa de la CONAFOR; los Fondos Concurrentes de la CONAFOR y el Fondo Monarca; Programa de Compensación Ambiental, Conservación del Maíz Criollo, Conservación para el Desarrollo Sostenible, Empleo Temporal, Manejo de Áreas Naturales Protegidas, Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas, Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo y Vigilancia Comunitaria.

La información se registró en una base de datos homogenizada y organizada por estado, municipio, predio, tenencia, nombre del programa, año, acciones de conservación, tipo de actividad, meta física, unidad de medida y monto asignado en pesos mexicanos, una vez realizado lo anterior, se seleccionaron los predios que conforman cada Microcuenca prioritaria y se obtuvo un monto estimado de la inversión realizada en cada una de las Microcuencas seleccionadas durante el periodo 2012-2017.

5. Resultados.

5.1. Delimitar y caracterizar las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca con base en los registros históricos de las colonias.

5.1.1. Registros históricos de colonias de hibernación de la Mariposa Monarca.

Derivado de la revisión y organización de la información de los diferentes autores mencionados anteriormente, dentro de la base de datos realizada se obtuvieron un total de 766 registros históricos de colonias de Mariposa Monarca, en 40 años de monitoreo de Monarcas en México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registros históricos de colonias de Mariposa Monarca en México por autor.

Registros históricos de colonias de Mariposa Monarca en México		
Autor	Temporadas del monitoreo	Número de registros
Calvert W.H. y L.P. Brower	1976-1977 a 1981-1982	23
Calvert W.H. y L.P. Brower	1976-1977 a 1984-1985	54
Mejía M.M.M.	1984-1985 a 1990-1991	110
Alonso M.A.	1993-1994	1
Hoth V.M.J.	1993-1994	13
PROFEPA	1996-1997	187
SEMARNAP	1997-1998	10
García-Serrano E.	1993-1994 a 2001-2002	126
WWF	2003-2004 a 2016-2017	242
Total		766

Con el apoyo del programa ArcMap 10.4.1 se sobrepusieron las capas informativas correspondientes a los registros históricos de colonias de Mariposa Monarca y ANP que forman un corredor de áreas con algún estatus de protección conformado por la RBMM, PN Cerro de Garnica, PN Bosencheve, APRN de Valle de Bravo y el APFyF Nevado de Toluca, , (Cuadro 2), obteniendo con ello el Mapa Histórico de los Sitios de Hibernación de Mariposa Monarca en México (Figura 3), donde además se observan los registros ubicados en áreas sin estatus de protección.

Cuadro 2.- Número de registros de colonias de Mariposa Monarca en ANP.

Número de registros de colonias de Mariposa Monarca en ANP	
Área Natural Protegida	No. de Registros
RB Mariposa Monarca	562
PN Bosencheve	0
APFyF Nevado de Toluca	39
PN Cerro de Garnica	1
APRN de Valle de Bravo	34
Sin protección	130
Total	766



Figura 3.- Mapa Histórico de los Sitios de Hibernación de Mariposa Monarca en México. Elaboración propia con información de Calvert W.H. y L.P. Brower (1982, 1985), Mejía M.M.M. (1991), Alonso M.A. (1994), Hoth V.M.J. (1994), PROFEPA (1997), SEMARNAP (1998), García-Serrano E. (2002), WWF (2017), CONANP y Fondo Monarca (2019).

Finalmente, con base en la sobreposición de las capas de información de los registros históricos de colonias de Monarcas y el catastro de la RBMM se identificaron a los predios prioritarios para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca dentro de la RBMM en el Estado de México y de Michoacán (Figura 4).

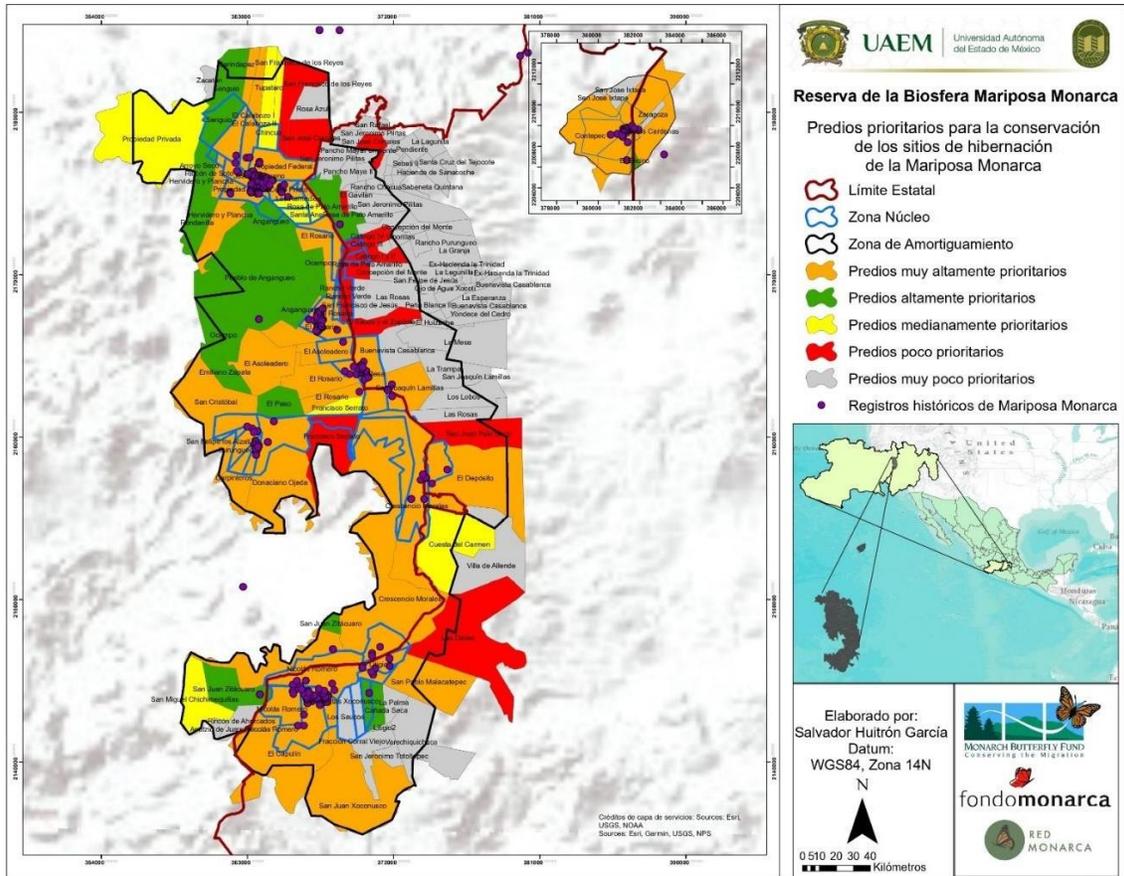


Figura 4.- Predios prioritarios para la conservación de los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca. Elaboración propia con información de Calvert W.H. y L.P. Brower (1982, 1985), Mejía M.M.M. (1991), Alonso M.A. (1994), Hoth V.M.J. (1994), PROFEPA (1997), SEMARNAP (1998), García-Serrano E. (2002), WWF (2017) y Fondo Monarca (2019).

5.1.2. Identificación y selección de las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México.

A partir de un análisis espacial de las metacolonia de Monarcas y del conocimiento del desplazamiento de las colonias en busca de mejores condiciones climáticas y de humedad (García-Serrano, 1997), se seleccionaron a las Microcuencas Buenavista, Contepec, Crescencio Morales, Heroica Zitácuaro, Jesús de Nazareno, Mineral de Angangueo, Ocampo, San Francisco Curungueo, San Juan Xoconusco y Senguio como Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca (Figura 5).

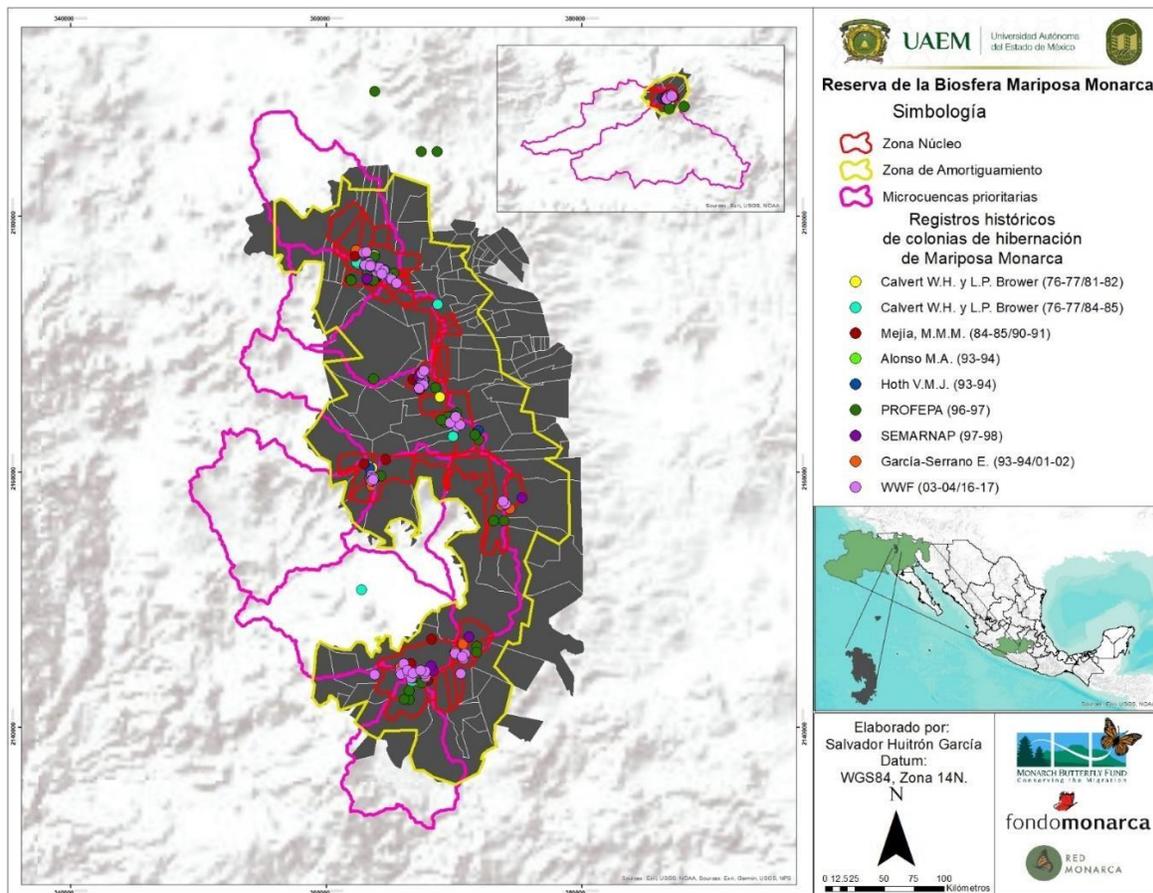


Figura 5.- Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México. Elaboración propia con información de Calvert W.H. y L.P. Brower (1982, 1985), Mejía M.M.M. (1991), Alonso M.A. (1994), Hoth V.M.J. (1994), PROFEPA (1997), SEMARNAP (1998), García-Serrano E. (2002), WWF (2017) y Fondo Monarca (2019) y FIRCO (2010).

5.1.3. Caracterización hidrológica, social y ambiental de las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México. Con base en información de campo y bibliográfica, se realizó la caracterización hidrológica, social y ambiental de las 10 Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca en México (Cuadro 3), y se obtuvo una ficha de evaluación socioecológica rápida para cada Microcuenca (Anexos 4-14).

Cuadro 3. Caracterización hidrológica, social y ambiental de las Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca.

Nombre de la microcuenca	Superficie total (ha).	Superficie protegida (ha).		Total de vegetación y cubiertas del suelo de los predios que están dentro de la microcuenca. (ha) (Ramírez I. et al. 2006)			No. de núcleos agrarios	No. de registros históricos de colonias de Mariposa Monarca	No. de localidades	No. de corrientes de agua
		Núcleo	Amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas				
Buenavista	13212.83	236.54	244.47	1160	384	205.74	4	17	20	219
Contepec	5661.22	241	196.87	462	280	194	1	20	17	86
Jesús de Nazareno (Hda. de Jesús de Nazareno)	4260.2	615.64	1959.61	4282	2463	2613	10	132	6	109
Ocampo	8996.23	1387.81	4551.93	8705	7212	7627.92	15	137	26	206
San Francisco Curungueo (Curungueo)	11217.31	506.99	448.06	2151	1943	661	5	32	46	315
Crescencia Morales	7567.96	2238.81	3982.16	9386	6277	7397.17	12	65	9	226
Heroica Zitácuaro	11306.70	1034.14	2026.25	6448	3746	2730.22	7	31	40	299
San Juan Xoconusco	6987.68	844.56	1995.64	3064	920	1110.47	3	44	11	168
Senguio	8553.53	1739.02	2272.77	6446	1626	683.91	16	24	20	218
Mineral de Angangueo	4729.71	766.37	3629.92	3614	1947	3389.13	10	20	16	135

Elaboración propia con información de FIRCO (2010), Ramírez I. et al. (2006) y Fondo Monarca (2019).

5.2. Identificar los principales impactos de degradación y/o recuperación forestal en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca y las actividades de restauración ecológicas realizadas para revertir el deterioro.

5.2.1. Ubicación geográfica de los disturbios ambientales ocurridos en la RBMM durante 2012-2017.

Para ubicar espacialmente los disturbios ambientales que han degradado la cubierta forestal de la RBMM, se solicitó información a instituciones del Gobierno Federal y Estatal (Anexo 11-13), como la CONAFOR-Estado de México y Michoacán, la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF), la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM), y a la Dirección de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (DRBMM). Se organizó la información recibida en una base de datos que suman un total de 3906 informes de ocurrencia de algún tipo de disturbio natural en la reserva (Cuadro 4) establecidos dentro de 9 campos de información.

Cuadro 4. Número de informes por tipo de disturbio dentro de la RBMM. Los 365 informes correspondientes al turismo son representados en los senderos turísticos de los santuarios de Sierra Chincua, El Rosario y Cerro Pelón.

Disturbio ambiental	Número de informes.
Derribo por viento	1980
Saneamiento	1028
Incendios	444
Tala clandestina	39
Ganadería	36
Turismo	365
Deslizamientos	14
Total de informes	3906

Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE y Fondo Monarca (2018).

Con apoyo del programa ArcMap 10.4.1 se logró presentar de manera cartográfica la ubicación espacial de los disturbios causantes de la degradación dentro de la RBMM (Figura 6). El mismo análisis espacial de los disturbios se realizó para las 10 Microcuencas prioritarias (Figura 7-16).

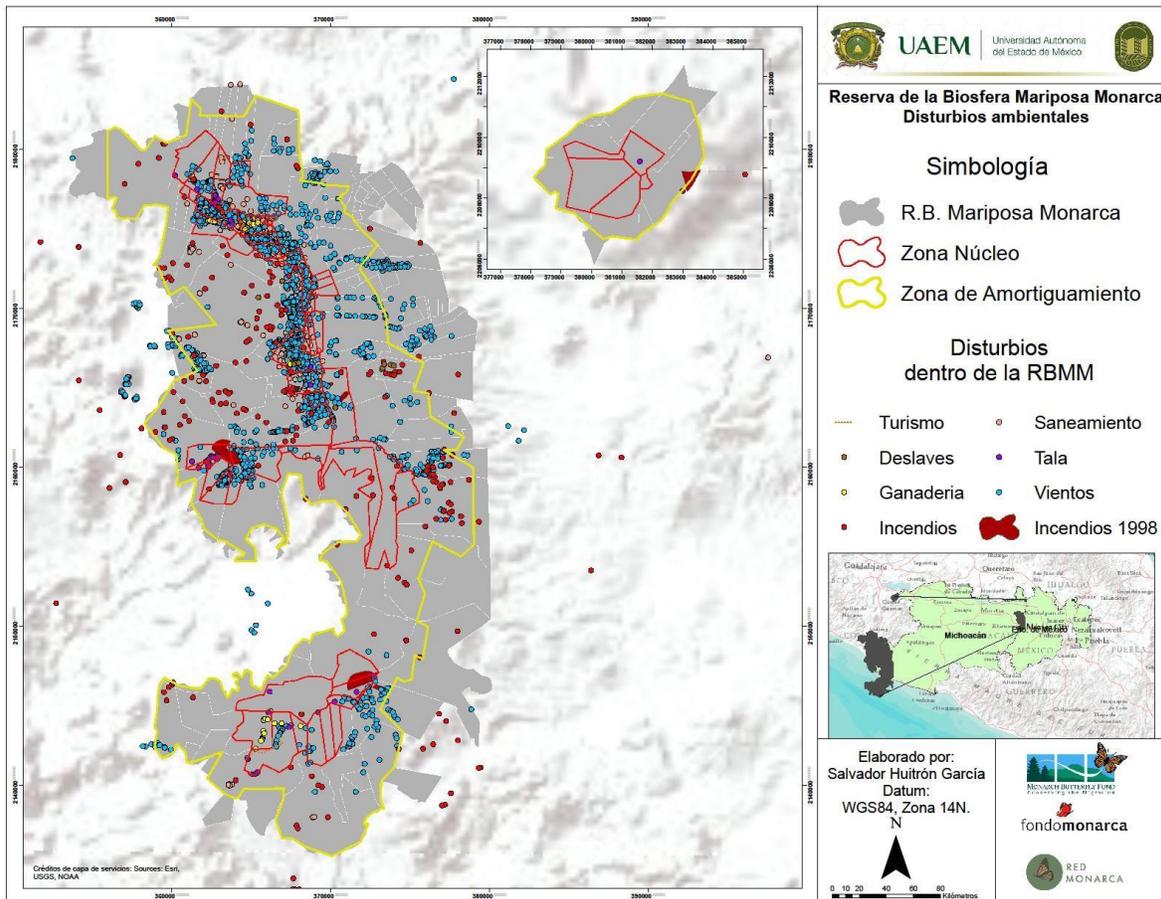


Figura 6.- Disturbios ambientales dentro de la RBMM. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE (2018) y Fondo Monarca (2019).

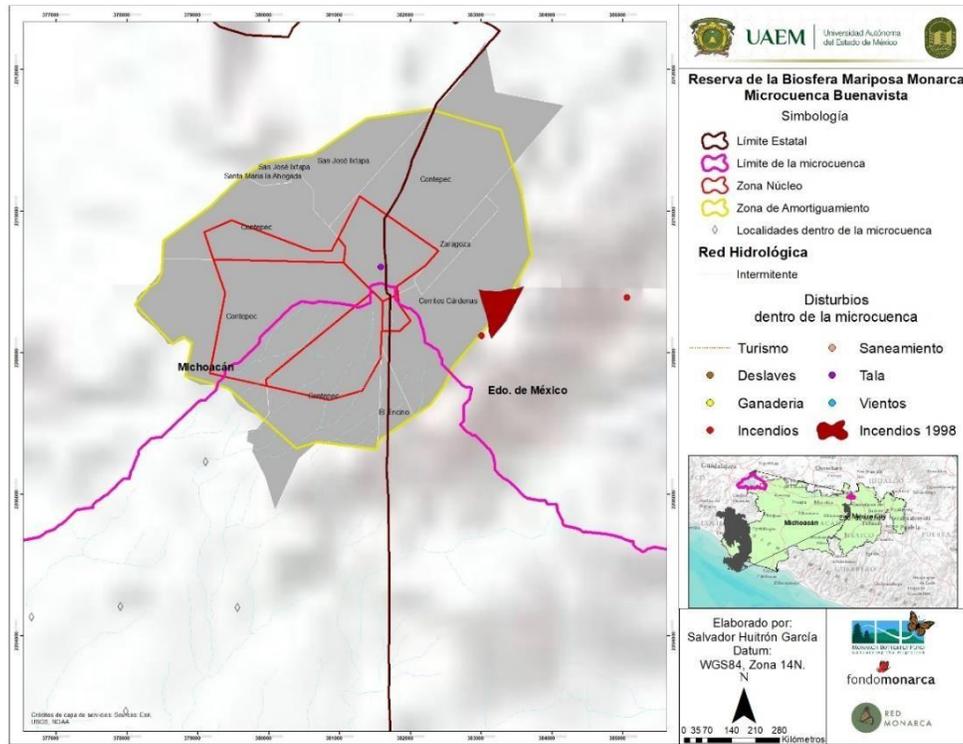


Figura 7. Disturbios ambientales en la Microcuenca Buenavista. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

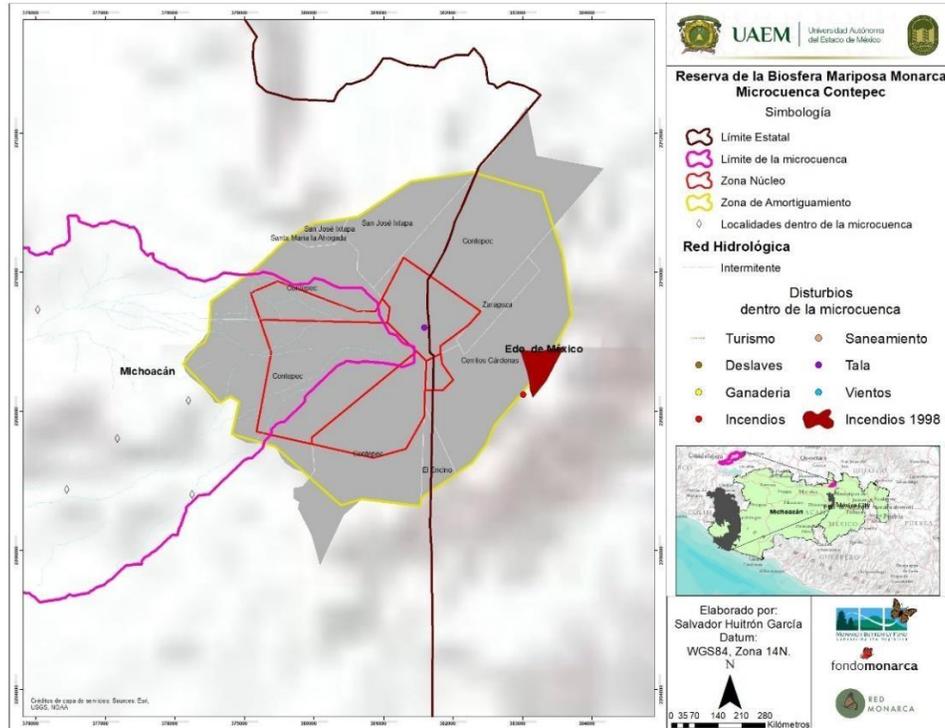


Figura 8. Disturbios ambientales en la Microcuenca Contepec. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

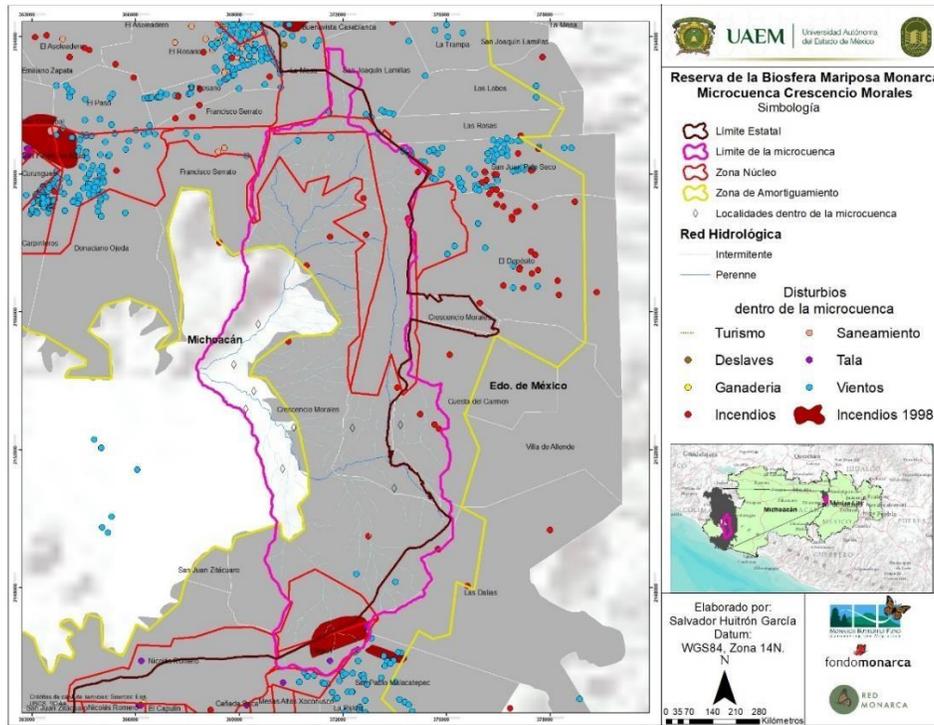


Figura 9. Disturbios ambientales en la Microcuenca Crescencio Morales. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

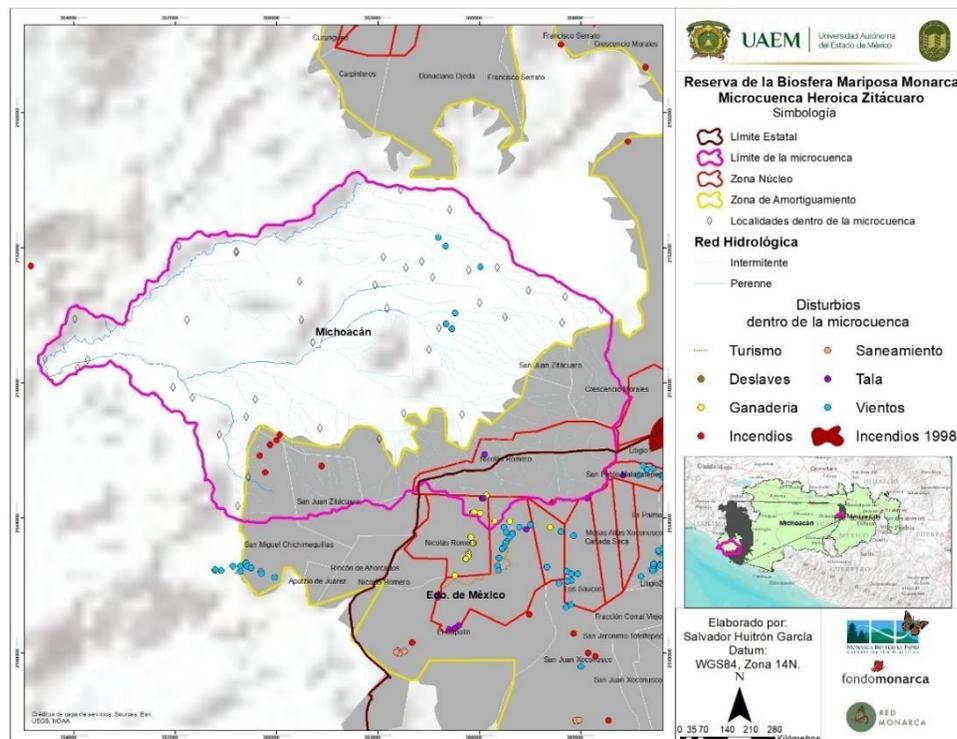


Figura 10. Disturbios ambientales en la Microcuenca Heroica Zitácuaro. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

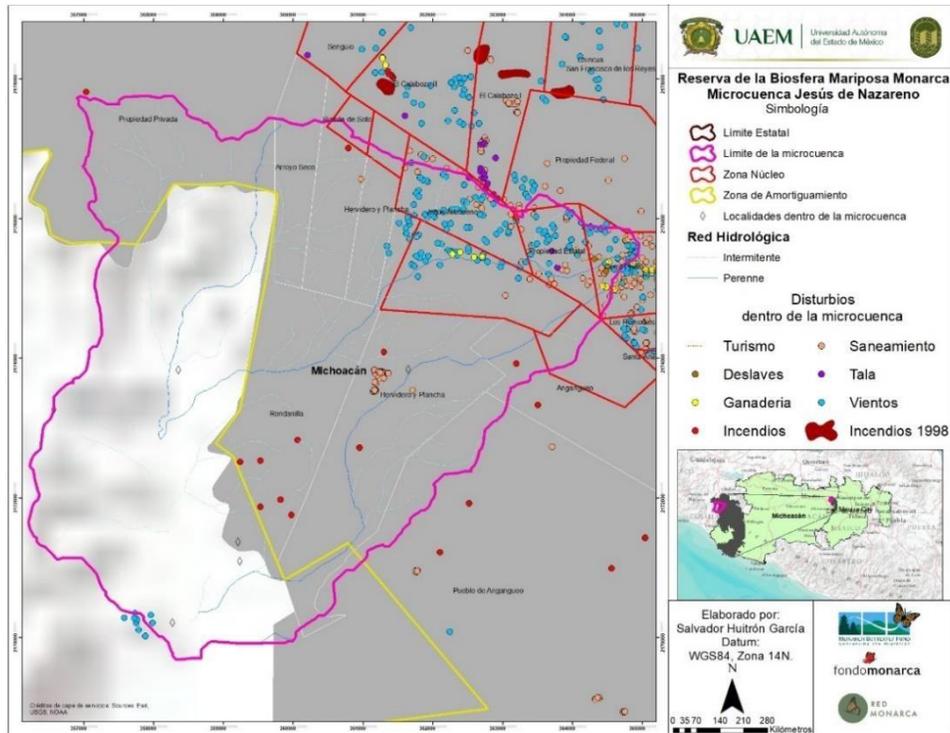


Figura 11. Disturbios ambientales en la Microcuenca Jesús de Nazareno. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

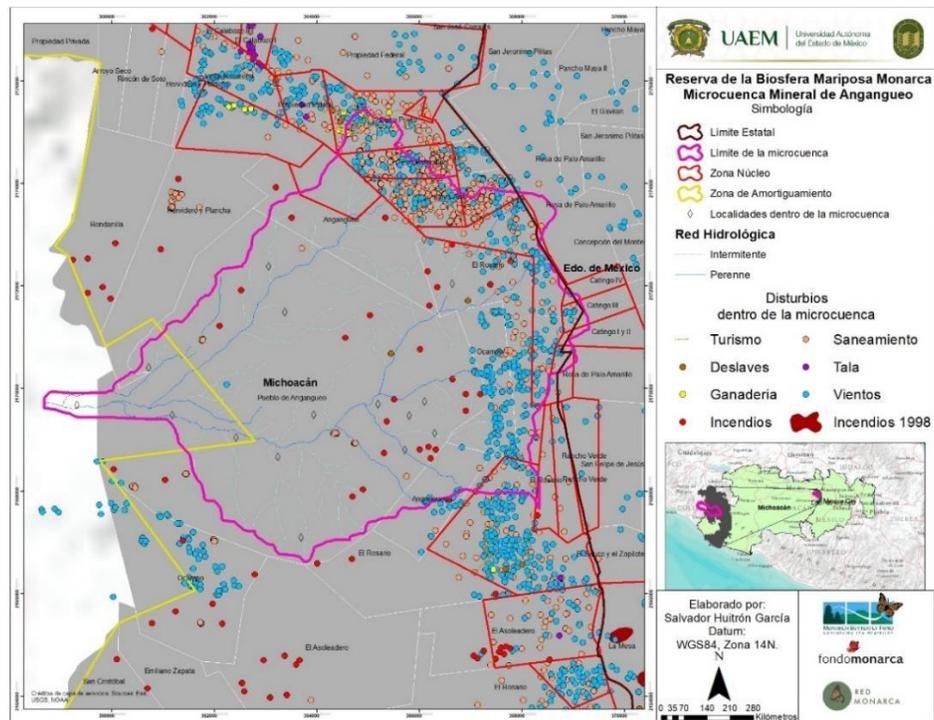


Figura 12. Disturbios ambientales en la Microcuenca Mineral de Angangueo. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

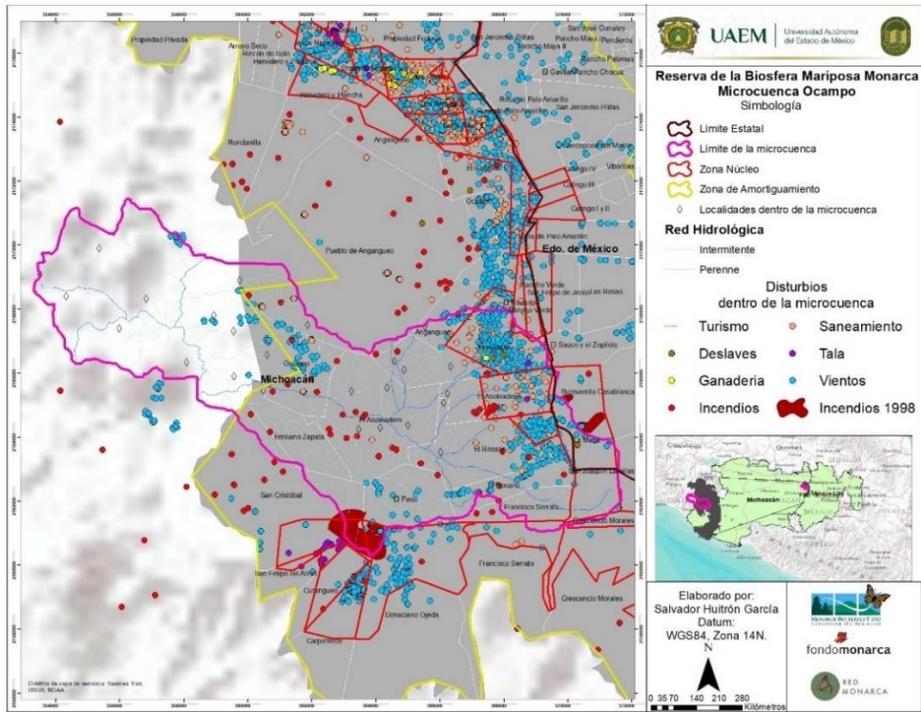


Figura 13. Disturbios ambientales en la Microcuenca Ocampo. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

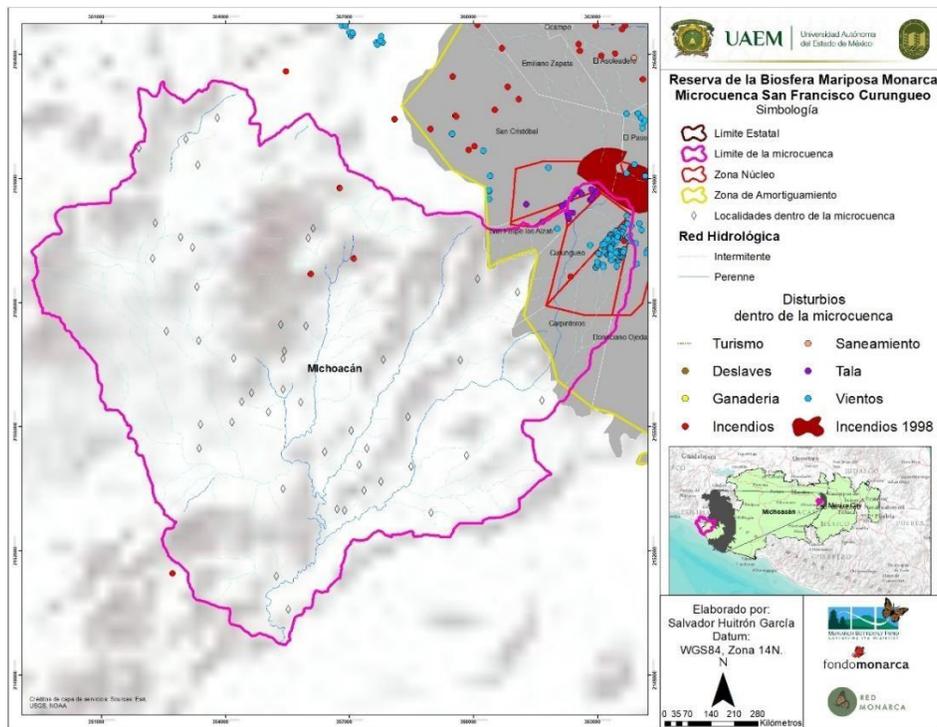


Figura 14. Disturbios ambientales en la Microcuenca San Francisco Curungueo. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

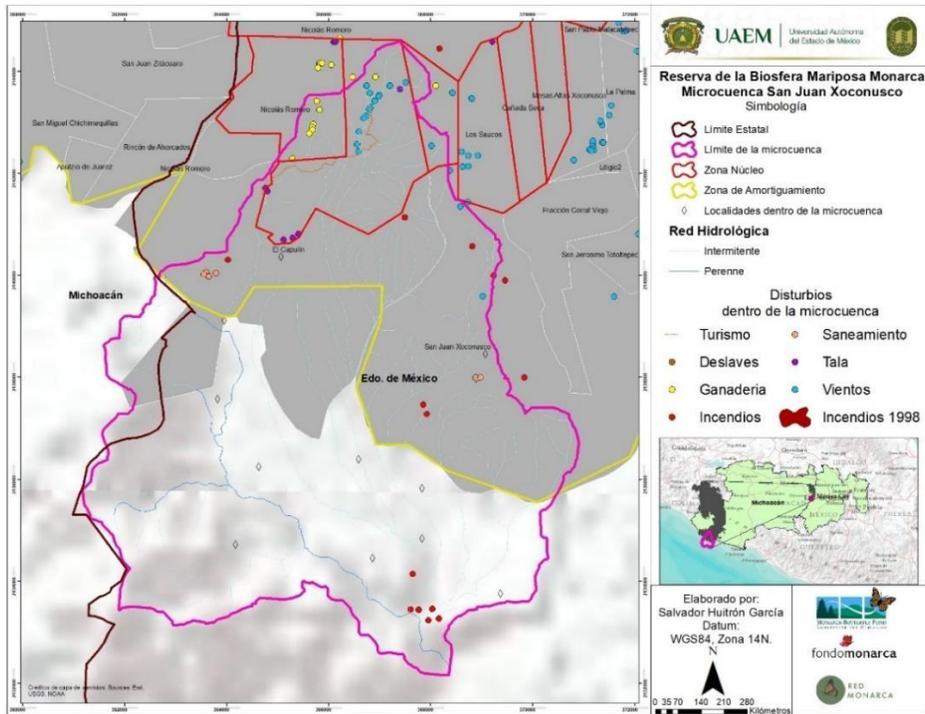


Figura 15. Disturbios ambientales en la Microcuenca San Juan Xoconusco. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

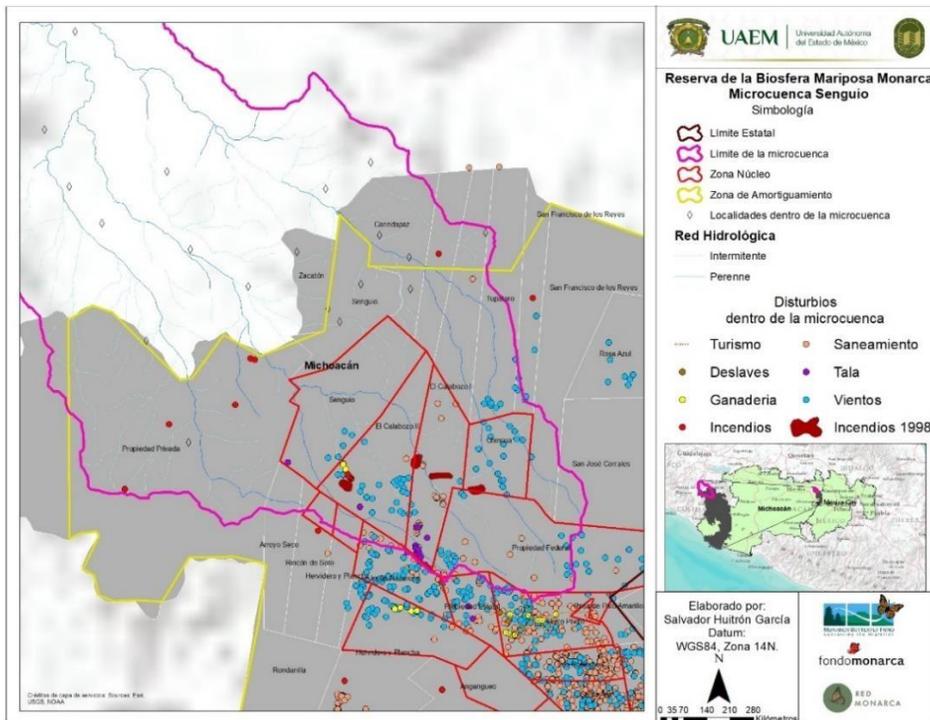


Figura 16. Disturbios ambientales en la Microcuenca Senguio. Elaboración propia con información de CONAFOR, COFOM, PROBOSQUE, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

5.2.2. Ubicación geográfica de las acciones de restauración ecológica en la RBMM durante 2012-2017.

Contar con la distribución espacial de las acciones de restauración ecológica realizadas en la RBMM es fundamental para contrarrestar el impacto de los diferentes disturbios ambientales presentados en la zona, por ello se revisaron los PMPM de la Comunidad Indígena Crescencio Morales, Ejido Crescencio Morales, Ejido Carpinteros, Ejido Cerro Prieto, Ejido Chincua, Ejido Contepec, Comunidad Indígena Curungueo, Comunidad Indígena Donaciano Ojeda, Ejido Nicolás Romero, Ejido El Asoleadero, Ejido El Calabozo primera fracción, Ejido El Calabozo segunda fracción, Ejido El Capulín, Ejido El Rosario, Comunidad Indígena Francisco Serrato, Ejido Hervidero y Plancha, Ejido Jesús Nazareno, Ejido La Mesa, Ejido Mesas Altas de Xoconusco, Propiedad Privada Rancho Verde, Ejido Rincón de Soto, Comunidad Indígena San Cristóbal, Comunidad Indígena San Juan Xoconusco, Comunidad Indígena San Pablo Malacatepec, Ejido Senguio, Propiedad Privada Cañada Seca, Comunidad Indígena Nicolás Romero, Propiedad Privada Los Saucos, todos estos predios con superficie dentro de la zona núcleo de la RBMM, además se recopiló información de los Pagos por Servicios Ambientales Hidrológicos, Programas de Manejo Forestal Maderable y los resultados del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa- En una base de datos organizada y homogenizada en nueve campos de información, donde también se organizaron 1828 registros de acciones de conservación, restauración y protección (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de registros por acción de conservación, restauración y protección realizada en la RBMM. Elaboración propia con información de los PMPM y Fondo Monarca (2018).

Acción de conservación, restauración y protección	Número de registros
Vigilancia comunitaria	38
Regeneración natural	78
Reforestaciones	53
Mantenimiento de reforestaciones	62
Mantenimiento de brechas cortafuego	16
Programa Cutzamala	48
Mantenimiento de caminos	66
Creación de brechas cortafuego	31

Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos	120
Programa de Manejo Forestal Maderable	126
Conservación de suelos	12
Área de restauración	9
Acomodo de material combustible	583
Letreros	28
Ubicación y protección de manantiales	558
Total	1828

Mediante el análisis de la información organizada en la base de datos de las actividades de restauración, protección y conservación, se obtuvo la cantidad de hectáreas y kilómetros destinados para la realización de estas actividades dentro de la RBMM y de las 10 Microcuencas prioritarias (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Hectáreas y kilómetros destinados para actividades de restauración, protección y conservación dentro de la RBMM y de las 10 Microcuencas prioritarias. Elaboración propia con información de los PMPM y Fondo Monarca (2018).

Lugar / Microcuenca	Hectáreas destinadas para actividades de restauración, protección y conservación durante 2012-2017.	Kilómetros destinados para actividades de restauración, protección y conservación durante 2012-2017.
RBMM	35,319.86	203.13
M. Buenavista	123.60	8.09
M. Contepec	46.79	4.23
M. Crescencio Morales	4,392.49	14.79
M. Heroica Zitácuaro	1,914.66	0.06
M. Jesús de Nazareno	1,051.28	13.05
M. Mineral de Angangueo	1,400.19	0.68
M. Ocampo	3,096.86	36.86
M. San Francisco Curungueo	896.25	16.99
M. San Juan Xoconusco	4,000.67	14.92
M. Senguio	952.96	25.08
Total en Microcuencas	17,875.75	134.75

De igual manera que los disturbios ambientales, con el apoyo del programa ArcMap 10.4.1, se ubicaron espacialmente y cartográficamente las acciones de restauración realizadas en la RBMM (Figura 17), y la distribución de las acciones de restauración ecológica dentro de cada una de las Microcuencas prioritarias definidas anteriormente (Figura 18-27).

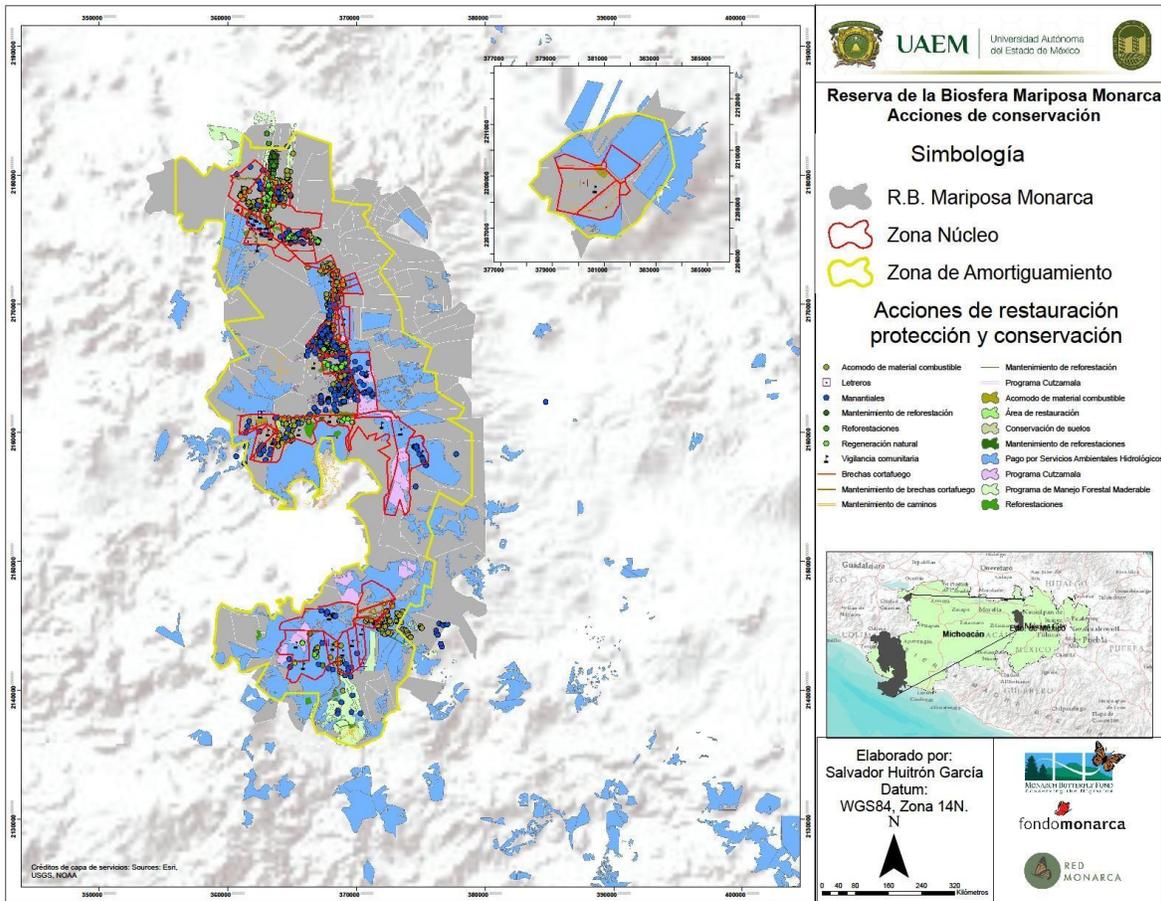


Figura 17. Acciones de restauración ecológica dentro de la RBMM. Elaboración propia con información de los PMPM y Fondo Monarca (2018).

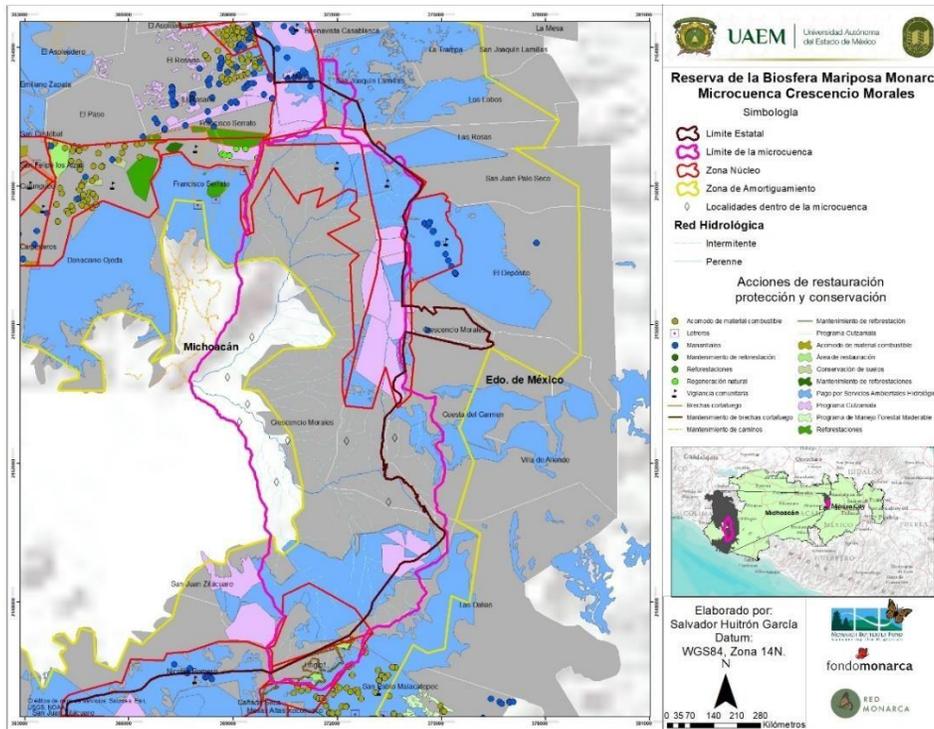


Figura 20. Acciones realizadas en la Microcuenca Crescencio Morales. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

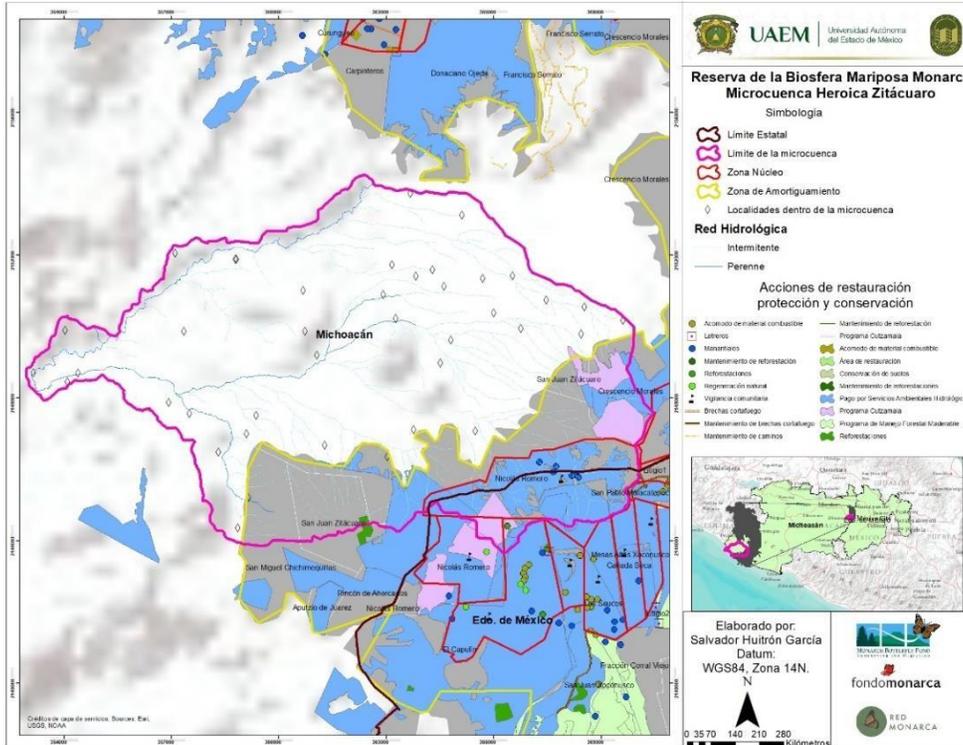


Figura 21. Acciones realizadas en la Microcuenca Heroica Zitácuaro. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

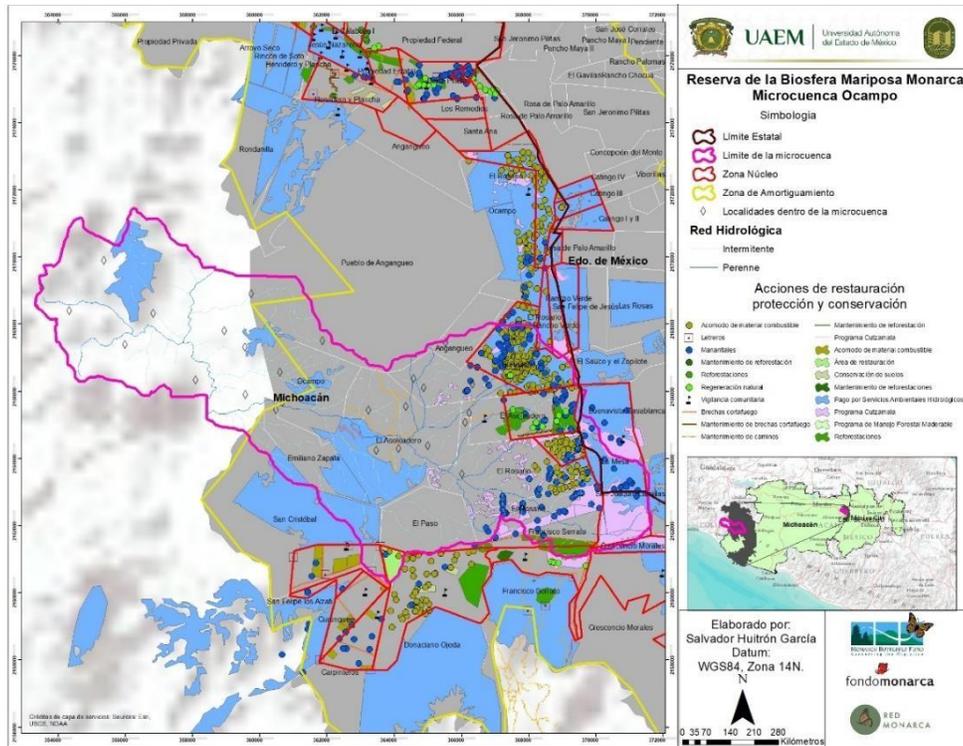


Figura 24. Acciones realizadas en la Microcuenca Ocampo. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

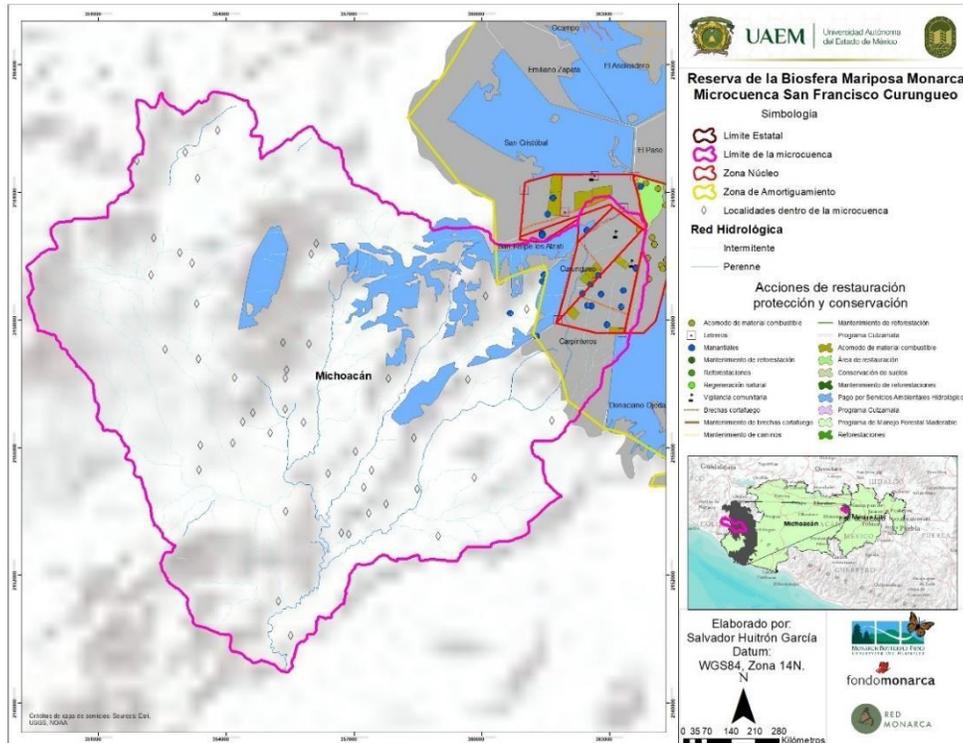


Figura 25. Acciones realizadas en la Microcuenca San Francisco Curungueo. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

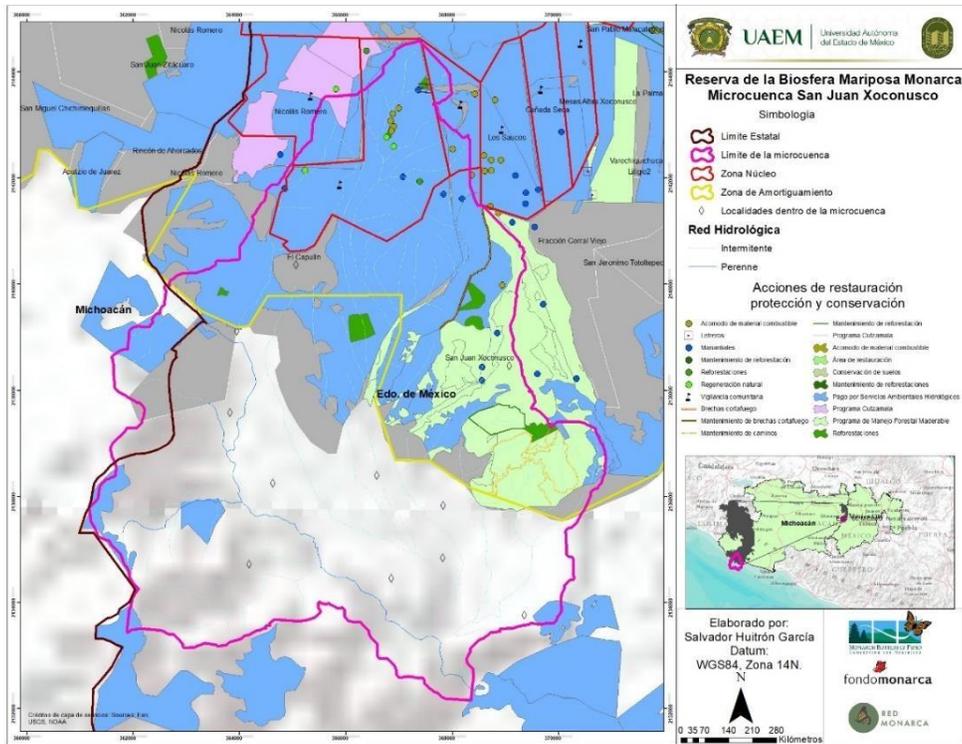


Figura 26. Acciones realizadas en la Microcuenca San Juan Xoconusco. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

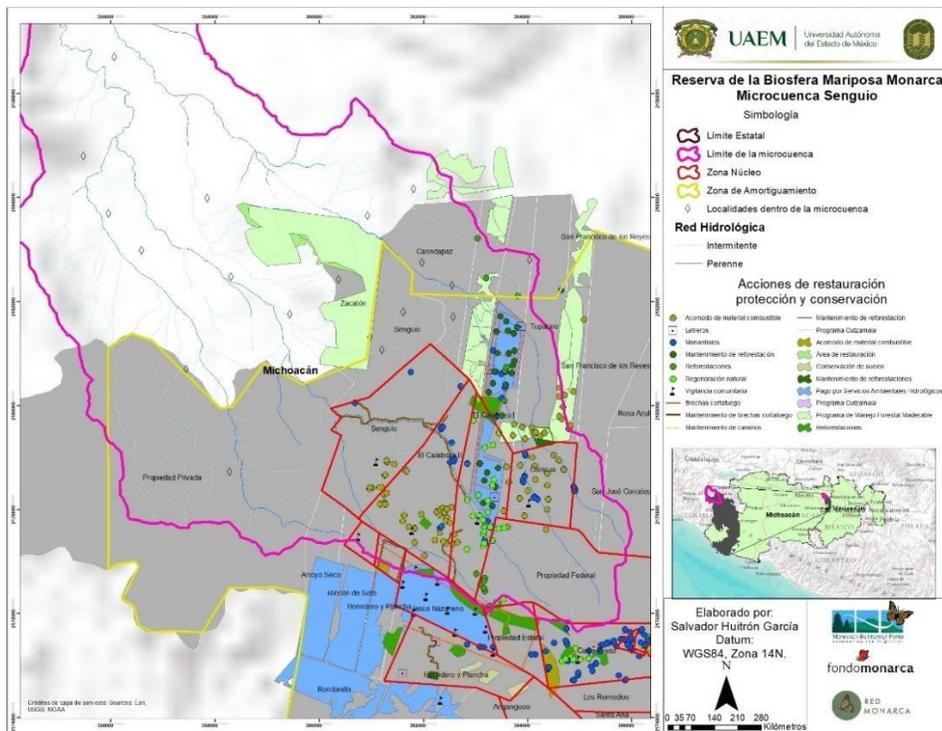


Figura 27. Acciones realizadas en la Microcuenca Senguio. Elaboración propia con información de los PMPM, Fondo Monarca (2018) y FIRCO (2010).

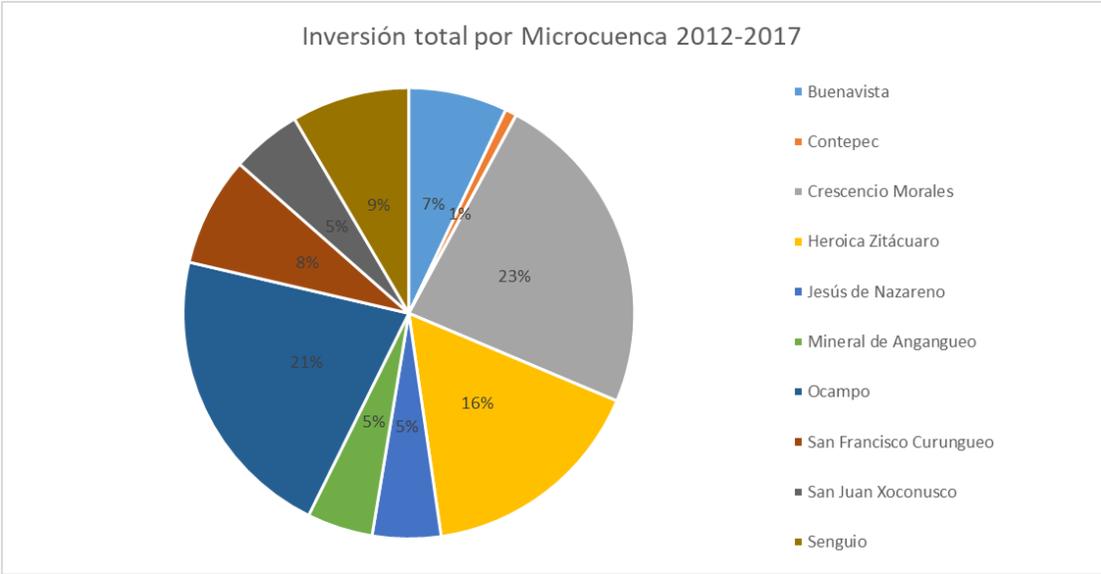
5.2.3. Evaluar las actividades de restauración ecológica realizadas por los núcleos agrarios con el apoyo de diversos actores en las Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca.

Con base en la información analizada se estimó una inversión de \$231, 901,150.98 millones de pesos dirigidos a la conservación, restauración y protección de los bosques templados de la RBMM durante el periodo 2012 – 2017. De ésto un total de \$191, 972,910.58 millones de pesos (83%) se destinaron a las Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios de hibernación en México (Cuadro 7). Los programas con la mayor inversión son: Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa de la CONAFOR; Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) de la CONAFOR, los Fondos Concurrentes de la CONAFOR y el Fondo Monarca; Programa de Compensación Ambiental, Conservación del Maíz Criollo, Conservación para el Desarrollo Sostenible, Empleo Temporal, Manejo de Áreas Naturales Protegidas, Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas, Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo y Vigilancia Comunitaria.

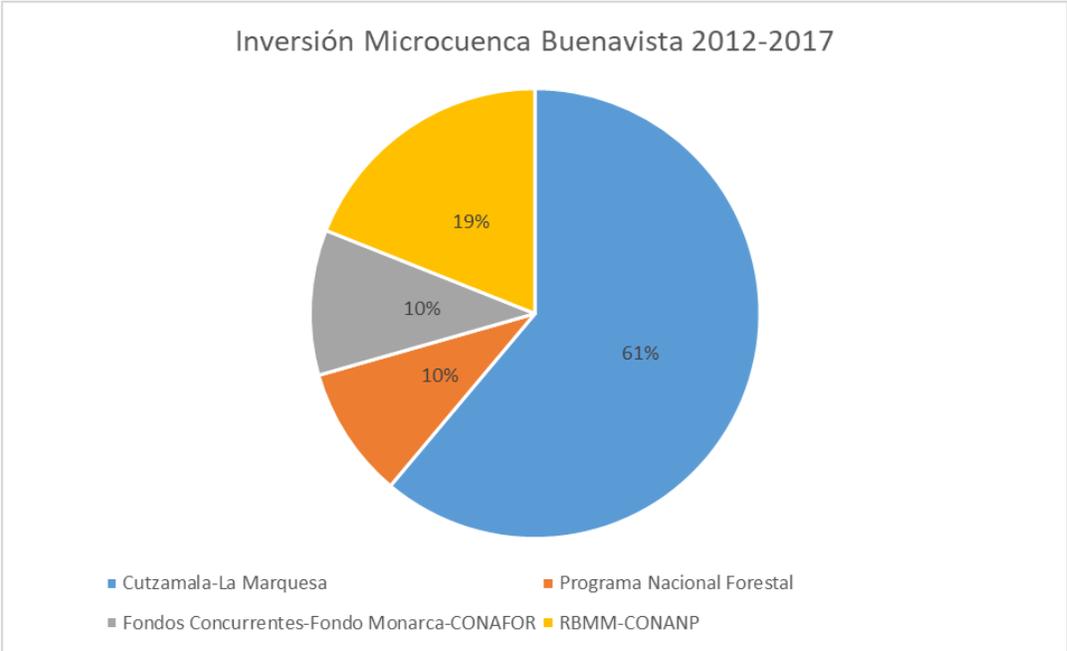
Cuadro 7. Inversión realizada por actor/programa a los predios que conforman las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de Mariposa Monarca en México. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).

Nombre del actor/programa	Inversión realizada (pesos mexicanos)
Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa de la CONAFOR.	\$106,980,303.21
PRONAFOR	\$14,175,259.00
Fondos Concurrentes de la CONAFOR y el Fondo Monarca.	\$39,246,881.37
Programa de Compensación Ambiental de la DRBMM.	\$4,728,238.00
Conservación del Maíz Criollo de la DRBMM	\$2,493,328.00
Conservación para el Desarrollo Sostenible de la DRBMM.	\$16,184,960.00
Empleo Temporal de la DRBMM.	\$5,375,341.00
Manejo de Áreas Naturales Protegidas de la DRBMM.	\$1,120,000.00
Monitoreo Biológico en Áreas Naturales Protegidas de la DRBMM.	\$560,000.00
Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo de la DRBMM.	\$384,000.00
Vigilancia Comunitaria de la DRBMM.	\$724,600.00
Total	\$191,972,910.58

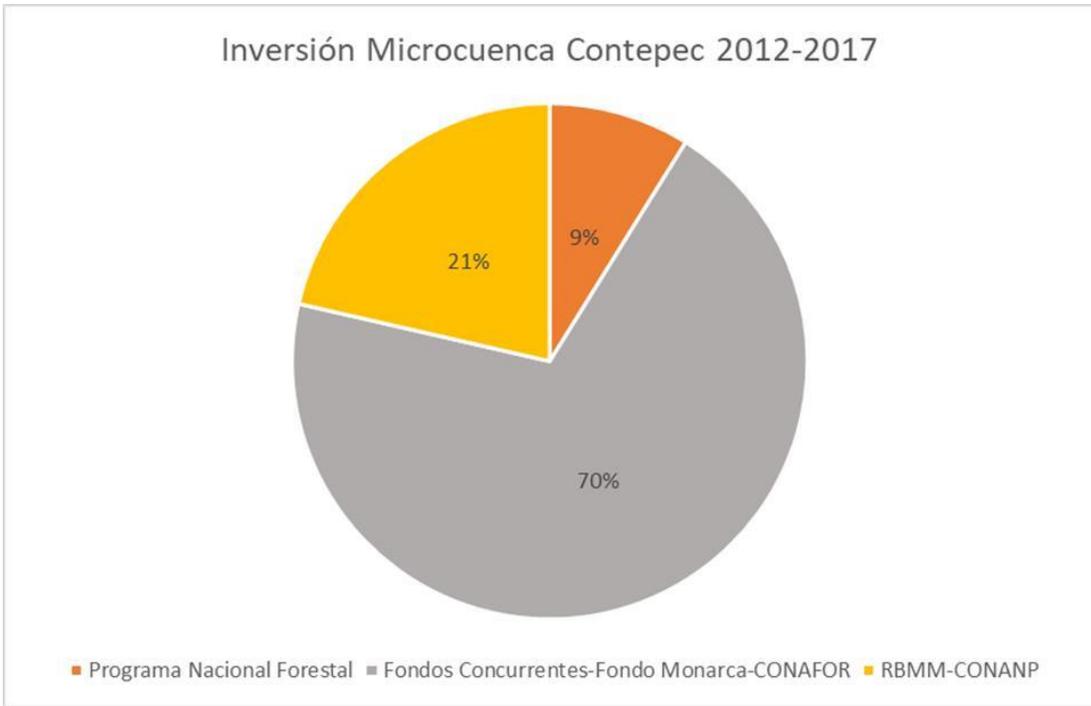
Por otra parte, se realizó un análisis general de la distribución de la inversión en cada Microcuenca prioritaria (Gráfica 3) y un análisis por cada una de las Microcuencas acerca de la inversión de cada uno de los actores/programas en actividades de restauración ecológica dentro de los predios que conforman cada una de las 10 Microcuencas (Gráfica 4-13).



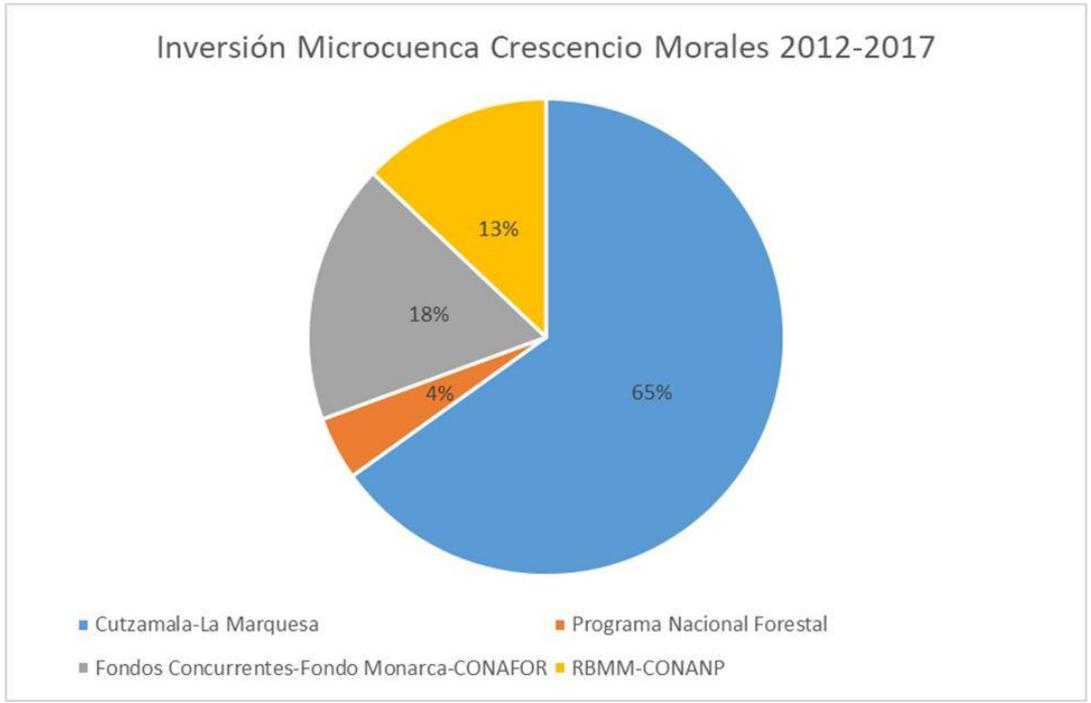
Gráfica 3. Inversión realizada en cada una de las diez Microcuencas prioritarias para la hibernación de la Mariposa Monarca. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



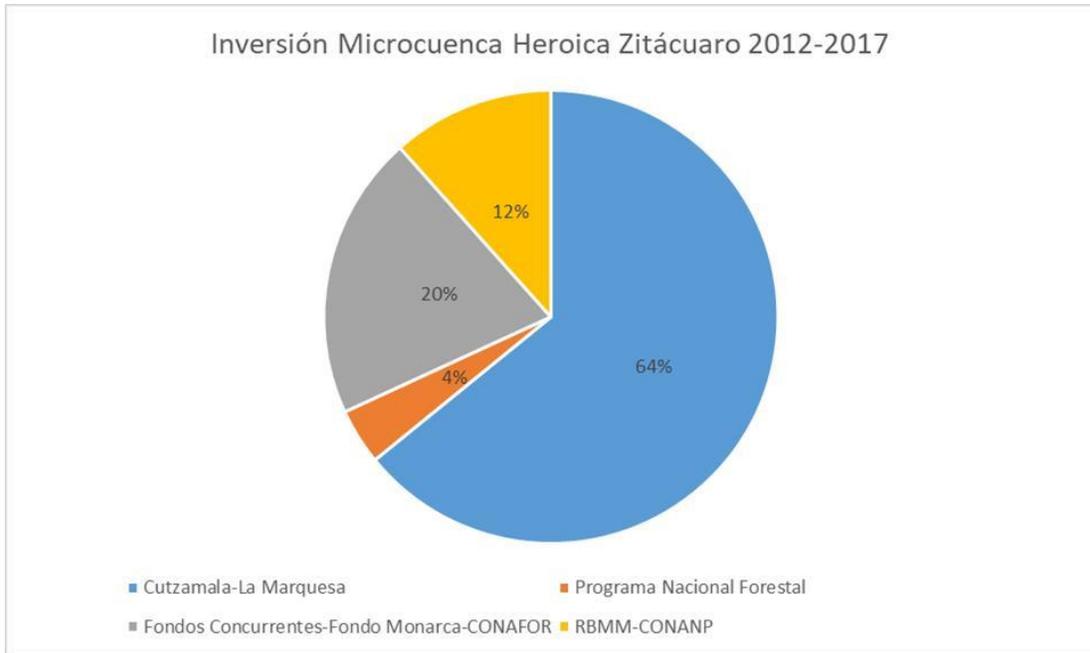
Gráfica 4. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Buenavista. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



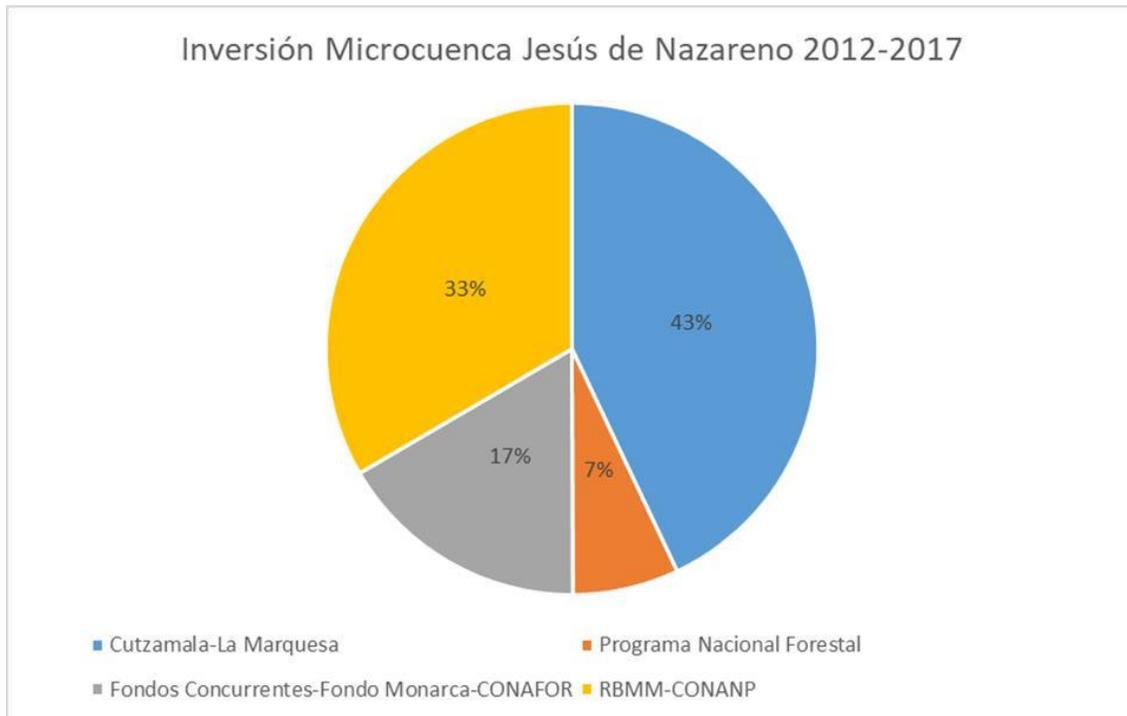
Gráfica 5. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Contepec. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



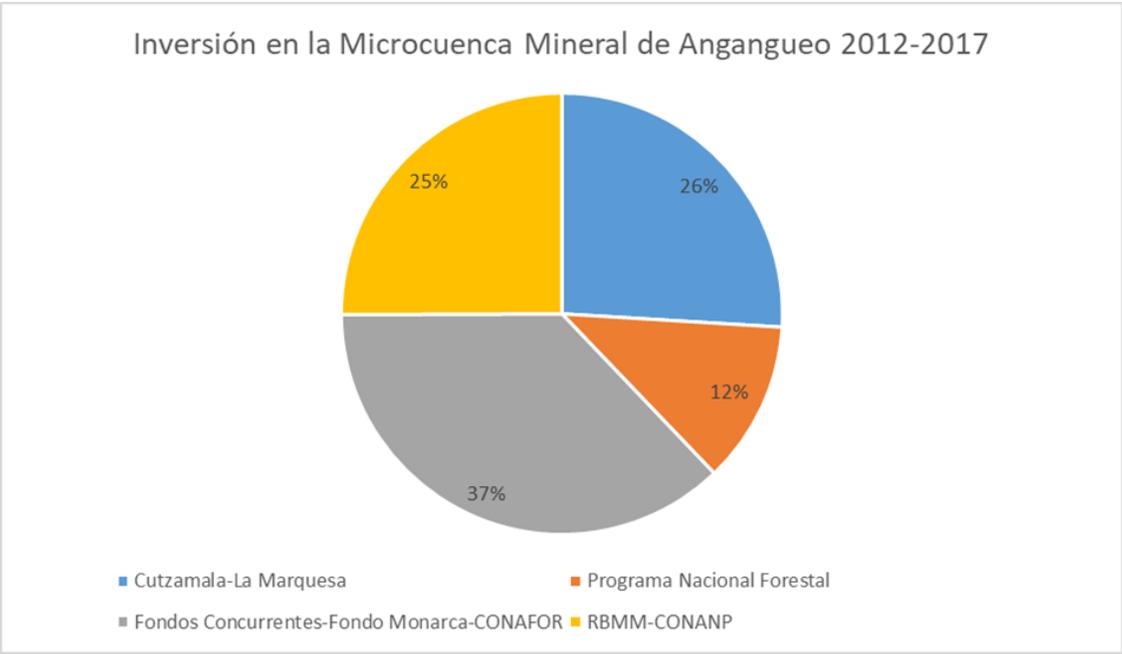
Gráfica 6. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Crescencio Morales. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



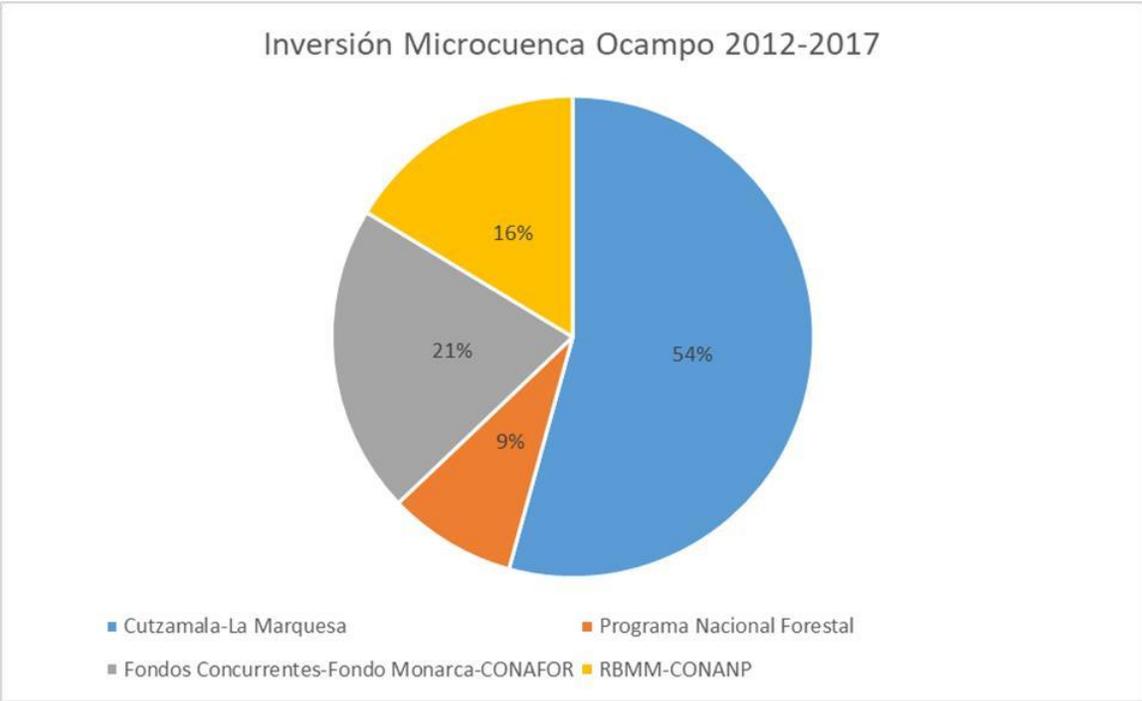
Gráfica 7. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Heroica Zitácuaro. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



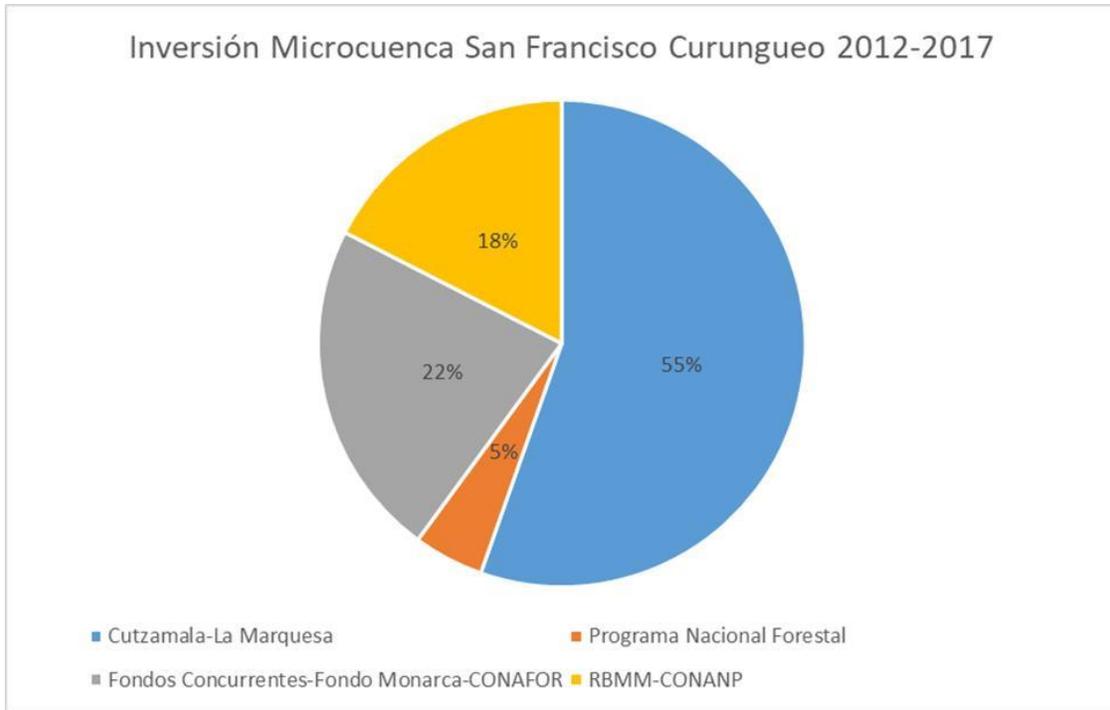
Gráfica 8. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Jesús de Nazareno. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



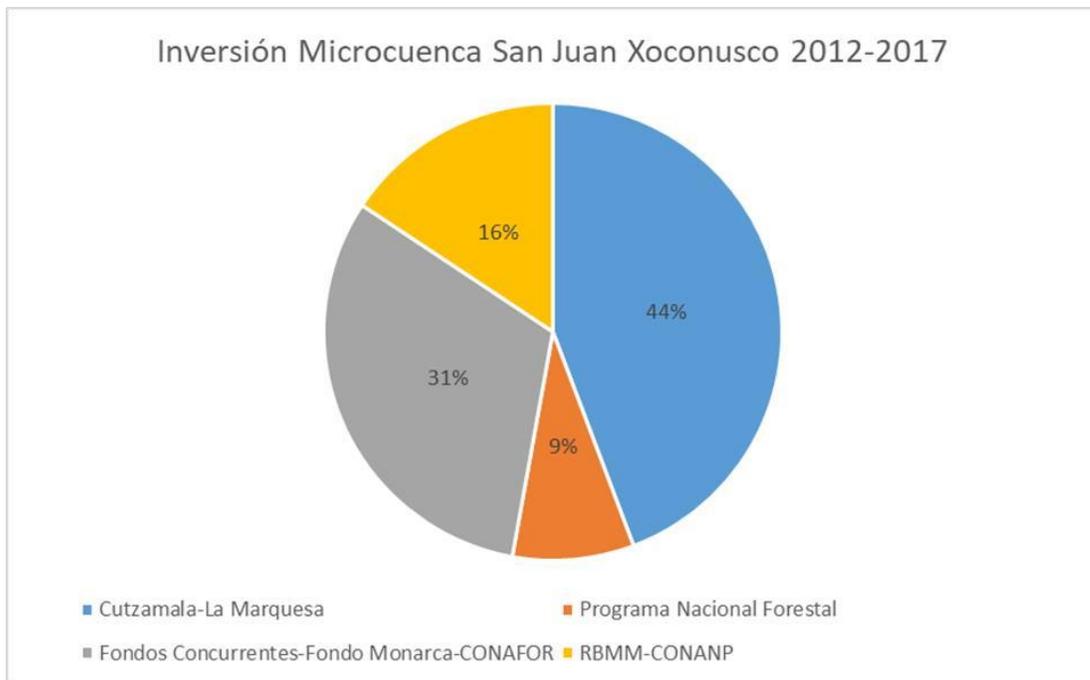
Gráfica 9. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Mineral de Angangueo. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



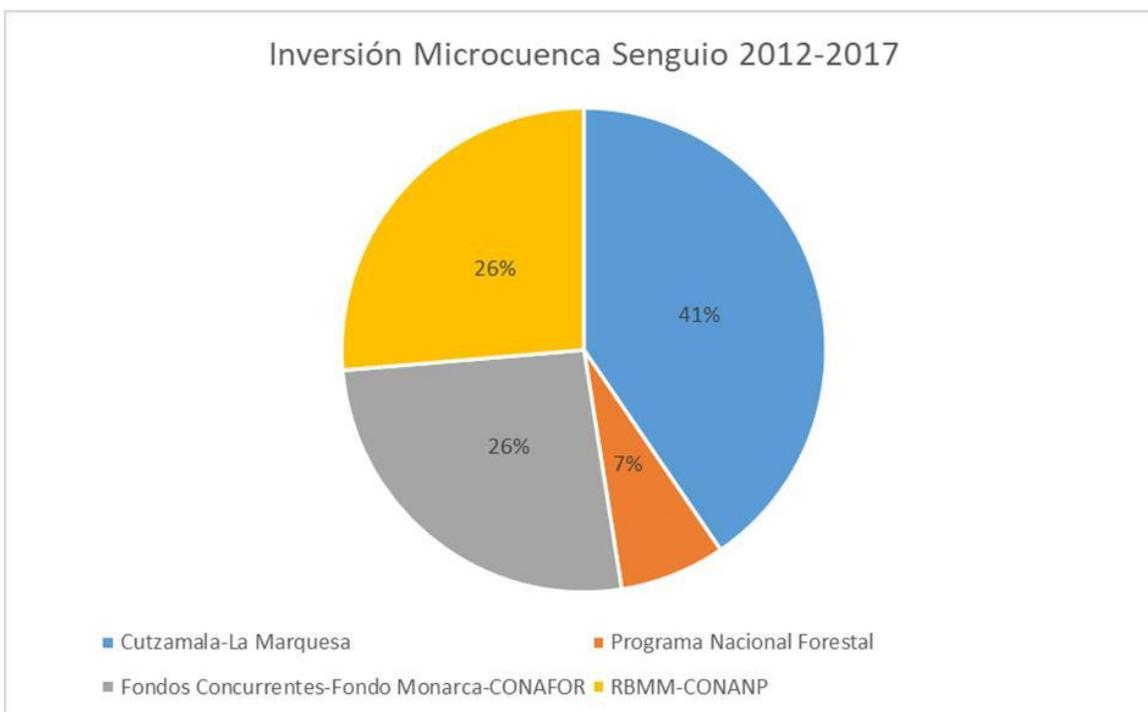
Gráfica 10. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Ocampo. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



Gráfica 11. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca San Francisco Curungueo. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



Gráfica 12. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca San Juan Xoconusco. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).



Gráfica 13. Inversión realizada por actor/programa en los predios dentro de la Microcuenca Senguio. Elaboración propia con información de CONAFOR, Fondo Monarca y la DRBMM (2018).

Finalmente, con la información obtenida en el análisis de inversión y de 30 recorridos de campo con autoridades agrarias se identificaron las principales actividades realizadas por los dueños forestales para la conservación, restauración y protección de los bosques de la RBMM (Cuadro 8).

Cuadro 8. Principales actividades realizadas por los dueños forestales para la restauración, protección y conservación de la RBMM. Elaboración propia con información de los PMPM (2018).

Actividades principales	Obligatorias o sugeridas con base en los PMPM.
Brechas corta fuego	Sugerida
Conservación y restauración de suelos	Sugerida
Establecimiento de viveros comunitarios	Sugerida
Manejo del agua	Sugerida
Manejo del fuego	Obligatoria
Mantenimiento de zonas restauradas	Obligatoria
Proyectos ecoturísticos	Sugerida
Recuperación de áreas degradadas	Obligatoria
Reforestación	Sugerida
Mantenimiento de la reforestación	Sugerida
Protección a la regeneración natural	Sugerida
Vigilancia Comunitaria	Obligatoria

5.2.4. Evaluación de las actividades de restauración, protección y conservación realizadas en la RBMM con base en la etapa sucesional del bosque.

Durante los recorridos de campo y análisis de los PMPM que se elaboran en el marco de los Fondos Concurrentes de la CONAFOR y el Fondo Monarca en la zona núcleo de la RBMM, se evaluaron diferentes sitios degradados por algún disturbio en diferentes periodos. La evaluación fue mediante la identificación del estado sucesional del bosque asignándole un valor de muy bajo a muy alto dependiendo las condiciones del sitio (Cuadro 9). Con estos resultados se puede observar el grado de resiliencia ecológica con el que cuentan los bosques de la RBMM (Cuadro 10). Dependiendo del estado sucesional del bosque, se le asignó un valor de muy bajo a muy alto.

Cuadro 9. Clasificación utilizada para la evaluación del estado sucesional del bosque en sitios afectados por alguno disturbio. Elaboración propia con información de Martínez (1996) y Marten (2001).

Muy bajo.- La etapa sucesional del bosque se encuentra dominada por especies pioneras. Etapa de reorganización (Marten, 2001).
Bajo.- La etapa sucesional del bosque se encuentra con presencia de brinzales. Etapa pionera (Walt en Martínez, 1996).
Regular.- La etapa sucesional del bosque se encuentra con presencia de latizales bajos. Etapa constructiva (Walt en Martínez, 1996).
Alto.- La etapa sucesional del bosque se encuentra con presencia de latizales altos. Etapa madura (Walt en Martínez, 1996).
Muy alto.- La etapa sucesional del bosque se encuentra con presencia de vardascales y adultos. Etapa de equilibrio o clímax (Marten, 2001).

Cuadro 10. Evaluación del estado sucesional del bosque en sitios restaurados identificados durante los recorridos de campo. Elaboración propia con información obtenida mediante visitas a campo.

Disturbio.	Año.	Comentarios relevantes del sitio.	Factor que retrasa la sucesión ecológica del sitio.	Acción de Restauración y/o reforestación.	Efectividad con respecto a la etapa sucesional del bosque en el sitio.	Fotografía.
Tala clandestina	2005	Conflictos entre predios que derivaron en la tala clandestina del lugar. Sitio de difícil acceso a más de 3400 msnm. Cuenta con fuerte presencia de especies nodrizas. Regeneración natural de oyamel y pino.	Ligeros deslizamientos provocados por Escurrimientos de agua. Conflictos entre predios.	Restauración pasiva: Regeneración natural.	Alto.	

Incendio ocurrido hace 30 años	2006 Se comenzó a reforestar con los COCOON	El incendio ocurrido terminó con la vegetación de alrededor de 100 hectáreas, posteriormente, una fuerte lluvia erosionó el suelo dejando al descubierto la roca madre. Debido al difícil acceso al sitio y a sus propias características, los esfuerzos por reforestar el área tenían poca efectividad. La técnica de los COCOONs busca la sobrevivencia del 80% al 95% de las plantas reforestadas. Donación de 10,000 COCOONs.	Ganadería y erosión del suelo.	Restauración activa: Reforestación con COCOONs. Reposición de mil plantas en 2019.	Bajo.	
Incendio	2009	Sitio apoyado bajo el Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa.	Desaparición del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa.	Restauración activa: Actividades de planeación, ejecución, protección y retroalimentación durante cinco años.	Alto	
Deslave	2010	Sitio cercano a colonia de Mariposa Monarca en el santuario El Rosario.	Exposición a luz solar.	Restauración mixta: Reforestación, creación de presas de piedra acomodada. Regeneración natural de oyamel.	Bajo	
Deslave	2010	Sitio cercano al área destinada al programa Cutzamala-La Marquesa, se presentaron distintos deslaves a lo largo del Ejido La Mesa.	Desprotección por especies pioneras ante posibles deslizamientos generados por corrientes de agua.	Restauración pasiva: Regeneración natural de pino.	Regular	

Derribo de arbolado por viento	2016	Sitio en la zona núcleo de la RBMM, área que ocupa la Mariposa Monarca en su estadía en México, en el Ejido El Calabozo fracción 1. Trabajos de restauración bajo el PMPM.	Claros de gran tamaño que permiten alta exposición del sol. Técnica de reforestación.	Restauración activa: Reforestación sin limpiar el sitio, dejando a las especies nodrizas ya establecidas.	Regular	
--------------------------------	------	--	---	---	---------	---



Sitio afectado por deslave en el ejido El Rosario en 2010 y el mismo sitio afectado en 2019, donde se observa la recuperación por medio de regeneración natural de oyamel.

Fotografías: Eligio García Serrano (izquierda) y Salvador Huitrón García (derecha).

6. Discusión.

El monitoreo de las colonias de hibernación de Mariposa Monarca : Superficie forestal de ocupación (2004-2017), el cual desde la temporada 2004-2005 la Alianza WWF-Fundación Telmex Telcel como parte de la Alianza de WWF con la Fundación Carlos Slim, se coordina con la DRBMM, de la CONANP y la SEMARNAT para monitorear sistemáticamente la hibernación de esta especie en México, lo cual sustenta que WWF sea el autor/organización que más registros históricos de colonias de hibernación de Mariposa Monarca aporta a la base de datos realizada en este trabajo.

La selección de las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México se sustenta principalmente por tres aspectos:

- Dentro de la RBMM se ubican 562 de los 766 registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca revisados durante el trabajo, de los cuales el 93% se ubican dentro de los límites de las Microcuencas prioritarias.
- Del total de las hectáreas destinadas para realizar actividades de conservación, restauración y protección llevadas a cabo en la RBMM, el 51% de estas hectáreas se encuentra dentro de la superficie de las Microcuencas prioritarias.
- El 83% de la inversión realizada en la RBMM fue asignada a los predios que conforman las 10 Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca.

Además, el manejo adecuado de estas 10 Microcuencas prioritarias, mencionado por Cotler et al. (2013), puede brindar beneficios a la sociedad, que se originan de una amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos que parten de mantener las funciones ecológicas, sociales y económicas de la propia cuenca a partir del manejo participativo, adaptativo, sistemático y con visión a largo plazo del territorio.

Asimismo, la selección de las Microcuencas prioritarias se sustenta con el cumplimiento de una de las características base del enfoque de cuenca, el cual consta de la identificación de áreas prioritarias para llevar a cabo una mejor planeación y gestión de diferentes recursos para dichas zonas (Cotler H., 2010).

La Microcuenca Buenavista cuenta con 13,212.83 ha de las cuales solamente el 4% están dentro de la RBMM, en cuanto a vegetación y tipo de suelo de los predios que conforman la Microcuenca sobresale la categoría de bosques densos con 1,160 ha., dentro de la Microcuenca se ubican cuatro ejidos y 20 localidades rurales, además dentro de la superficie de la Microcuenca Buenavista fluyen un total de 219 corrientes de carácter intermitente, finalmente, dentro de Microcuenca se ubican 17 registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca. Por otra parte, el 7% de la inversión dirigida hacia la conservación, protección y restauración de la RBMM se concentra en esta Microcuenca. Dentro de la

Microcuenca se realizaron 8.09 km.y 123.60 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca prioritaria Contepec abarca 5,661.22 ha. de las cuales el 8% se encuentran protegidas por la zonificación de la RBMM, en cuanto a vegetación y tipo de suelo de los predios que conforman a la Microcuenca mencionada, domina la categoría de bosques densos con 462 ha. correspondientes a esta categoría. La Microcuenca Contepec se conforma únicamente por un ejido y dos localidades urbanas y 15 rurales, a lo largo de la Microcuenca fluyen 86 corrientes de agua intermitentes. En la parte alta de la Microcuenca Contepec se ubican 20 registros históricos de sitios de hibernación de la Mariposa Monarca. Además, la inversión dirigida hacia esta Microcuenca representa únicamente el 1% del total de la inversión en la RBMM. Dentro de la Microcuenca se realizaron 4.23 km. y 46.79 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La superficie de la Microcuenca Crescencio Morales es de 7,567.96 ha. de las cuales el 82% corresponden a hectáreas dentro de la zona núcleo y amortiguamiento de la RBMM. Por otra parte el bosque denso se presenta como la categoría de vegetación y uso del suelo más representativo en los predios de la Microcuenca con un total de 9386 ha., además, dentro de la Microcuenca Crescencio Morales se encuentran seis ejidos, cuatro Comunidades Indígenas, una Propiedad Privada y nueve localidades rurales, por otro lado, dentro de la Microcuenca fluyen 59 corrientes de agua perennes y 167 intermitentes. Dentro de los límites de la Microcuenca se presentan 65 registros históricos de colonias de hibernación de Mariposa Monarca, y finalmente, se ha dirigido hacia esta Microcuenca el 23% de la inversión total de la RBMM para actividades de conservación, restauración y protección. Dentro de la Microcuenca se realizaron 14.79 km. y 4,392.49 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca Heroica Zitácuaro tiene una superficie de 11,306.70 ha. de las cuales el 27% se encuentran en la RBMM, de igual manera, la categoría de bosques densos se presenta como el tipo de vegetación y uso del suelo en los predios que se encuentran dentro de la Microcuenca con un total de 6,448 ha., en la Microcuenca H. Zitácuaro se ubican cuatro ejidos, tres Comunidades Indígenas, dos localidades urbanas y 38 rurales. Asimismo, a lo largo de toda la Microcuenca fluyen 49 corrientes de agua perennes y 250 intermitentes, además se ubican 31 registros históricos de colonias de Monarcas dentro de la Microcuenca prioritaria H. Zitácuaro. Por otra parte, del total de la inversión dirigida hacia la RBMM la Microcuenca cuenta con el 16%. Dentro de la Microcuenca se acondicionaron 0.06 km. y 1,914.66 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca Jesús de Nazareno cuenta con 4,260.20 ha. de superficie, de las cuales el 60% de estas hectáreas se encuentran dentro de las zonas protegidas de la RBMM. De igual manera que las demás Microcuencas prioritarias dentro del tipo de vegetación y usos del suelo de los predios que conforman a esta Microcuenca, los bosques densos son los que más hectáreas cuentan con 4,282 ha. Adicionalmente, la Microcuenca se conforma por seis

ejidos, 2 Propiedades Privadas, 1 Propiedad Estatal y 1 Federal, además de 6 localidades rurales. Por otra parte, dentro de la Microcuenca Jesús de Nazareno se presentan 26 corrientes de agua perennes y 83 intermitentes y se ubican 132 registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca. Por último, en la presente Microcuenca se dirigió el 5% de la inversión dirigida a la RBMM para acciones de restauración, conservación y protección de la zona. Dentro de la Microcuenca se dio mantenimiento a 13.05 km. y 1,051.28 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

Un total de 4,729 ha. conforman la superficie de la Microcuenca Mineral de Angangueo de las cuales el 93% corresponden a las zonas núcleo y amortiguamiento de la RBMM, con relación al tipo de vegetación y uso del suelo de los predios que conforman la Microcuenca la categoría más representativa es la de bosques densos 3,614 ha; siete ejidos, tres Propiedades Privadas, una localidad urbana y 15 rurales conforman la Microcuenca Mineral de Angangueo. Además, 57 corrientes de agua perennes y 78 intermitentes fluyen a lo largo de esta Microcuenca y 20 registros históricos de colonias de Monarcas se ubican dentro de la superficie de la misma. Adicionalmente, el 5% de la inversión dirigida a la RBMM con motivos de restauración, conservación y protección de la zona. Dentro de la Microcuenca se realizaron 0.68 km. y 1,400.19 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca Ocampo cuenta con una superficie de 8,996.23 ha. de las cuales el 66% se ubican dentro de las zonas protegidas de la RBMM, cuenta con la categoría de bosques densos como la más representativa dentro de los predios que conforman la Microcuenca en cuanto al tipo de vegetación y uso del suelo con un total de 8,705 ha., por la parte social, dentro de la Microcuenca se ubican 10 ejidos, tres Comunidades Indígenas, dos Propiedades Privadas, dos localidades urbanas y 24 rurales. En el tema hidrológico, dentro de la Microcuenca fluyen 76 corrientes de agua perennes y 130 intermitentes. Asimismo dentro la Microcuenca se ubican 137 registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca. Por otro lado, el 21% de la inversión dirigida hacía actividades de restauración, conservación y protección de 2012 a 2017 se dirigió a los predios que están dentro de la Microcuenca Ocampo. Dentro de la Microcuenca se realizaron 36.86 km. y 3,096.86 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca San Francisco Curungueo abarca 11,217.31 ha. de las cuales únicamente el 9% se encuentran dentro de las zonas núcleo y amortiguamiento de la RBMM, también, del tipo de vegetación y uso del suelo de los predios que se encuentran dentro de la Microcuenca la categoría más representativa en cuanto a hectáreas ocupadas es la de bosques densos con 2,151 ha. Cinco Comunidades Indígenas, dos localidades urbanas y 44 rurales conforman la Microcuenca, además, dentro de esta Microcuenca se establecen 65 corrientes de agua perennes y 250 intermitentes, y adicionalmente la Microcuenca cuenta con 32 registros históricos de colonias de hibernación de Mariposas Monarca dentro de su superficie. Por otro lado, el 8% de la inversión dirigida hacía actividades de restauración, conservación y protección de 2012 a 2017 se dirigió a los predios que están dentro de la

Microcuenca San Francisco Curungueo. Dentro de la Microcuenca se realizaron 16.99 km. y 896.25 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La superficie de la Microcuenca San Juan Xoconusco es de 6,987.68 ha. de las cuales 41% se encuentran dentro de la zona protegida de la RBMM, el tipo de vegetación y uso del suelo más representativo dentro de los predios de la Microcuenca es la categoría de bosques densos con 3,064 ha., dos ejidos, una Comunidad Indígena, una localidad urbana y 10 rurales se establecen dentro del área de la Microcuenca San Juan Xoconusco. El carácter hidrológico de la Microcuenca se representa por el flujo de 22 corrientes de agua perennes y 146 intermitentes. Además, 44 registros históricos de colonias de Mariposa Monarca se encuentran dentro de esta Microcuenca y del total de la inversión dirigida hacia la reserva, el 5% estuvo presente en la Microcuenca San Juan Xoconusco en el periodo 2012-2017. Dentro de la Microcuenca se realizaron 14.92 km. y 4,000.67 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca Senguio tiene una superficie de 8,553.53 ha. de las cuales el 47% se encuentran en las zonas protegidas de la RBMM, de igual manera, la categoría de bosques densos se presenta como el tipo de vegetación y uso del suelo en los predios que se encuentran dentro de la Microcuenca con un total de 6,446 ha., en la Microcuenca Senguio se ubican 11 ejidos, 1 Comunidad Indígena, dos Propiedades Privadas, la zona Estatal y Federal, una localidad urbana y 19 rurales. Asimismo, a lo largo de toda la Microcuenca fluyen 78 corrientes de agua perennes y 140 intermitentes, además se ubican 24 registros históricos de colonias de Monarcas dentro de esta Microcuenca prioritaria. Por otra parte, del total de la inversión dirigida hacia la RBMM la Microcuenca cuenta con el 9%. Dentro de la Microcuenca se realizaron 25.08 km. y 952.96 ha. en actividades de restauración, protección y conservación.

La Microcuenca Crescencio Morales se presenta como el área a la que han dirigido mayor porcentaje de la inversión realizada en la RBMM durante 2012-2017 y además cuenta con más hectáreas destinadas a trabajos de restauración, conservación y protección, esto debido a que es la Microcuenca con mayor superficie en la zona núcleo de la RBMM (2238.81 ha.) y que abarca a los dos predios más grandes de la reserva el ejido y la Comunidad Indígena Crescencio Morales.

La Microcuenca Buenavista y Contepec son las áreas que menos porcentaje de inversión recibieron de 2012 a 2017, además son las dos Microcuencas en las que se han destinado menos hectáreas para actividades de restauración, protección y conservación dentro de la RBMM, lo que se relaciona principalmente a la poca superficie dentro de zona núcleo de estas Microcuencas con 236.54 ha. y 241 ha. respectivamente y a la nula presencia de disturbios ambientales dentro de dichas zonas. Además son las áreas en donde se establecen el menor número de núcleos agrarios con cuatro dentro de la Microcuenca Buenavista y uno en la Microcuenca Contepec.

De las 10 Microcuencas prioritarias seleccionadas en el presente estudio, la más importante fue la Microcuenca Ocampo por los siguientes aspectos:

- Principalmente, es la Microcuenca con más registros históricos de colonias de hibernación de la Mariposa Monarca.
- Es la segunda Microcuenca con mayor porcentaje de inversión dirigida hacia la RBMM durante el periodo 2012-2017.
- Se ubica como la tercer Microcuenca con más superficie dentro de la zona núcleo de la RBMM.
- Dentro de esta Microcuenca se ubica el ejido el Rosario, uno de los predios más importantes de la RBMM por contar con el santuario más visitado de la reserva, el santuario El Rosario donde se presentan las colonias de Mariposas Monarcas más grandes.
- En la Microcuenca Ocampo se establece el ejido La Mesa que fue apoyado por el Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa el cual presenta un nivel alto de la etapa sucesional del bosque en el área asignada.

La ubicación y desplazamiento de las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca son la base para la categorización de predios prioritarios de la RBMM, debido a que durante su estadía en México buscan áreas con ciertas características de temperatura y humedad necesarias para su sobrevivencia (García-Serrano E., 1997).

Los disturbios ambientales con mayor impacto y presencia en los bosques de la RBMM son el arbolado derribado por la tormenta invernal ocurrida en 2016 y el saneamiento, los cuales está relacionado ya que posterior a la ocurrencia de la tormenta invernal, el saneamiento del bosque fue el principal disturbio generado por los predios afectados.

Con el análisis de la información organizada en bases de datos y los sistemas de información geográfica se identificó que la mayor presencia de disturbios ambientales dentro de la RBMM fue en los santuarios de Sierra Chincua y El Rosario.

La disminución de la presencia de incendios forestales y tala ilegal dentro de la zona núcleo de la RBMM se relaciona con la vigilancia comunitaria por parte de los dueños forestales con superficie dentro de la zona núcleo, debido a que permite la atención temprana a estos disturbios. Además, realizan actividades que ayudan a la prevención y control de incendios como la apertura y mantenimiento de brechas cortafuego, el manejo del fuego principalmente relacionado la conformación y capacitación de una brigada contra incendios en cada predio, siendo estas actividades realizadas gracias a que están catalogadas como actividades obligatorias dentro de los PMPM, estas actividades se realizan con apoyo de los diferentes programas que operan en la RBMM.

Lo anterior se puede observar dentro de los reportes del monitoreo anual de la cobertura forestal de la zona núcleo realizados por la WWF, dónde se menciona que durante 2012-2017 no se han presenciado incendios forestales dentro de la zona núcleo de la RBMM y que la tala clandestina ha afectado solo 45.98 ha. en su mayoría dentro de los predios de San Cristóbal, Carpinteros, Curungueo y San Felipe los Alzati (WWF, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016).

La principal actividad para la prevención de incendios forestales es el acomodo de material combustible con 583 registros, esta actividad se relaciona con la cantidad de informes de arbolado derribado por viento y de saneamiento, lo indica que la actividad y la ubicación de la misma es la correcta para revertir el deterioro derivado de estos disturbios.

De la comparación y análisis de los mapas de disturbios ambientales con los mapas de acciones de restauración, protección y conservación realizadas, se observa que las acciones han sido dirigidas correctamente a los sitios adecuados, esto se observa en el área que comprende a la Sierra Chincua y El Rosario.

La CONAFOR a través del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa es el actor/programa que más ha invertido en la RBMM y dentro de las Microcuencas prioritarias para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México, por lo tanto el 43% de la inversión total realizada a la RBMM y el 56% de la inversión en las Microcuencas prioritarias es destinada a la restauración ecológica.

El nivel más alto de la etapa sucesional del bosque se localiza en sitios con regeneración natural y la presencia de especies nodrizas, lo cual refuerza la tesis de Carbajal (2017) quién demostró que el uso de plantas nodrizas favorece la supervivencia y desarrollo de las plántulas de oyamel. Además, se presentan niveles altos de la etapa sucesional del bosque en sitios donde se realizaron actividades de restauración activa de manera multianual realizando técnicas de planeación, ejecución, monitoreo, retroalimentación y seguimiento.

7. Conclusiones.

- El porcentaje de los registros históricos de sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México, la cantidad de hectáreas destinadas para actividades de restauración, protección y conservación y el porcentaje de inversión realizado por diferentes actores y/o programas, reafirman el carácter de prioritario para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en las 10 Microcuencas identificadas y seleccionadas en el presente trabajo.
- La cantidad de superficie en zona núcleo de las Microcuencas está relacionado con la cantidad de inversión que reciben. Entre más superficie en zona núcleo mayor inversión recibida.
- Derivado del análisis de diferentes aspectos socioambientales y económicos, se concluyó que la Microcuenca Ocampo es la más importante para la conservación de los sitios históricos de hibernación de la Mariposa Monarca en México.
- Las bases de datos organizadas y los Sistemas de Información Geográfica son herramientas fundamentales para la ubicación y seguimiento de disturbios ambientales y para la ubicación, seguimiento y evaluación de acciones de restauración, protección y conservación.
- El asignar el estatus de obligatoria a la vigilancia comunitaria y el manejo del fuego a través de la conformación y capacitación de brigadas contra incendios ha permitido disminuir la incidencia de incendios forestales y tala clandestina dentro de la zona núcleo de la RBMM.
- El mayor porcentaje de inversión realizada en la RBMM y en las Microcuencas prioritarias es dirigida hacia la restauración ecológica de los sitios previamente degradados.
- La presencia de especies nodrizas y la implementación de programas multianuales generan resultados positivos en la restauración ecológica de los sitios afectados por algún tipo de disturbio dentro de la RBMM.
- Con base en lo anterior es posible afirmar que se cumplió con el objetivo general del presente estudio, ya que se lograron evaluar las actividades de restauración ecológica en seis sitios previamente afectados por algún disturbio ambiental, identificando que la participación de diversos actores ha generado la disminución en la incidencia de disturbios ambientales dentro de la zona núcleo y la recuperación de la cubierta forestal de la RBMM, afirmando con ello la hipótesis del trabajo.

8. Recomendaciones.

- Actualizar de manera anual la base de datos de los registros históricos de sitios de hibernación de Mariposa Monarca en México.
- Utilizar las Microcuencas definidas en el presente trabajo como base para orientar futuros proyectos para la conservación del hábitat de hibernación de la Mariposa Monarca con la participación de los dueños de los bosques.
- Considerar el mapa de predios prioritarios para la conservación de la Mariposa Monarca de la RBMM para focalizar los apoyos destinados a la conservación.
- Utilizar las bases de datos sobre disturbios ambientales y acciones de restauración para la toma de decisiones sobre el manejo de la RBMM.
- Aprovechar los mapas de disturbios ambientales para orientar los proyectos y técnicas adecuadas para la restauración de sitios dentro de la RBMM.
- Usar los mapas de acciones de restauración ecológica para la distribución de los esfuerzos con el objetivo de recuperar los bosques a un estado óptimo en la RBMM.
- Contar con la información de los polígonos de las acciones de restauración y disturbios ambientales permite obtener resultados que pueden cuantificarse en el largo plazo.
- Actualizar periódicamente la cartografía temática de las acciones realizadas y disturbios ocurridos en la RBMM.
- Realizar acciones de monitoreo del impacto de la ganadería y turismo dentro de la RBMM.
- Fortalecer el monitoreo y evaluación de la regeneración natural en los bosques de la RBMM.

- Reforzar los PMPM con un enfoque de adaptación a cambio climático, debido a que son una fuente directa de información acerca del estado de conservación de los predios en zona núcleo de la RBMM.
- Robustecer el Programa de Empleo Temporal para mantener y mejorar la atención temprana a los distintos disturbios que se presenten en la reserva.
- Incluir a la participación social en procesos de planteamiento, ejecución, protección, evaluación, retroalimentación y toma de decisiones en proyectos de restauración ecológica dentro de la RBMM.
- Recuperar y mejorar el esquema del Programa Especial para la Restauración de las Microcuencas Prioritarias del Sistema Cutzamala-La Marquesa, con la finalidad de impulsar la realización de actividades de restauración activa multianuales.
- Impulsar y realizar la protección y utilización de especies nodrizas para obtener un mayor grado de sobrevivencia en áreas reforestadas y áreas con regeneración natural.
- Complementar el Plan de Mejores Prácticas de Restauración Ecológica en la RBMM con la información del presente trabajo
- Elaborar y actualizar de manera periódica el Sistema de Información Ambiental de la RBMM.

9. Bibliografía.

- Aguilar G.M. y Ramírez W. (Editores). (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. Capítulo 1. Generalidades del Monitoreo en la Restauración Ecológica. 17-42 pp.
- Arriaga V. y Fernández J.D., (2010). Restauración ecológica de bosques incendiados. Cien casos de éxito. CONABIO. 148-149 pp.
- Brandi C. (2015). El concepto de Restauración. Fundamentos de arquitectura y patrimonio. 77-81 pp.
- Brenner L. (2009). Aceptación de políticas de conservación ambiental: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Economía Sociedad y Territorio*, [S.l.]. ISSN 2448-6183. Disponible en: <https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/175/668>. Recuperado: 22 de octubre de 2019.
- Brower L.P. (1999). Para comprender la Migración de la mariposa monarca, México D.F. 87 pp.
- Calvert W. H. y L. P. Brower. 1986. The location of monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.) overwintering colonies in México in relation to topography and climate. *Journal of the Lepidopterists Society* 40 (3), 164-187.
- Cantú Fernández X.M. (2013). Incendios de 2012 en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca: Caracterización y respuesta institucional. Tesis de Licenciatura (Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Morelia, Michoacán, 60 pp.
- Carbajal Navarro L.A. (2017). Efecto de plantas nodriza en un ensayo de procedencias de *Abies religiosa* en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología. 47 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (s.f.). Incendios Forestales. Recuperado 25 de septiembre, 2019, de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/115.pdf>
- Champo-Jiménez O., Valderrama-Landeros L., y España-Boquera M.L. (2012). Pérdida de Cobertura Forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Michoacán, México (2006-2010). *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Vol. 18 No. 2, 143-157 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (CONANP y PNUD México) (2019). Resumen Ejecutivo del Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Mariposa Monarca. México. 41 pp.

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2019). Áreas Naturales Protegidas decretadas. Recuperado 12 septiembre, 2019, de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2019). Turismo. Recuperado 26 septiembre, 2019, de <https://www.gob.mx/conanp/documentos/turismo-191715>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2015). Recuadro | La huella humana en las áreas naturales protegidas federales. Recuperado 13 septiembre, 2019, de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/recuadros/recuadro4_5.html
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2007). Áreas protegidas de México. Recuperado 12 octubre, 2018, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), (2001). Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México D.F. 140 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2012). Programa de Restauración forestal en cuencas hidrográficas prioritarias. Gerencia de suelos. 85 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). Prácticas de reforestación. Manual básico. 66 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales, manual de obras y prácticas. 298 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2018). Áreas Protegidas en México. Recuperado 23 septiembre, 2019, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>
- Cotler H., Galindo A.A., González M.I.D., Pineda L.R.F. y Ríos P.E. (2013). Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. SEMARNAT. 37 pp.
- Cotler H. (2010). Manejo integral de cuencas en México: lecciones y retos. Instituto Nacional de Ecología. 23 pp.
- Cotler H., Bocco G. y Velázquez A. (2005), El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica. Temas sobre restauración ecológica. 135-145 pp.
- De la Maza J., (2010). Descubrimiento y conservación de las colonias hibernantes de la mariposa monarca. Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito. CONABIO. 26-27 pp.

- De la Torre P.O. (2004). El turismo Fenómeno social. Sección de obras de sociología 2. Fondo de Cultura Económica. 161 pp.
- Domínguez G.J. (2013). Cambios en la cobertura forestal y análisis de transiciones sistemáticas, en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Tesis de Maestría (Geografía). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado en Geografía. 167 pp.
- Dudley N. (2008). Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. International Union for Conservation of Nature (IUCN). Gland, Suiza. 116 pp.
- EcuRed. (s.f.). Áreas Protegidas en el Mundo. Recuperado de https://www.ecured.cu/%C3%81reas_Protegidas_en_el_Mundo
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). (2017). La Ganadería en México. Recuperado 26 de septiembre, 2019, de <https://www.gob.mx/firco/articulos/la-ganaderia-en-mexico?idiom=es>
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). (2010). Microcuencas. Datos abiertos. Archivos vectoriales.
- García-Serrano E. (1997). Relación entre la temperatura y humedad con el movimiento de las colonias de Mariposa Monarca *Danaus plexippus* L. en sus sitios de hibernación en México, Tesis de Licenciatura (Biólogo). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. 40 pp.
- Global Water Partnership (GWP). (2009). Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas. Francia: Scriptoria, 111 pp.
- Guerrero V.C. (2016). Regeneración de *Abies religiosa* en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Tesis de Licenciatura. (Ciencias Ambientales). Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia. 71 pp.
- H. Congreso de la Unión, (2018). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 135pp. Recuperado 19 septiembre, 2019, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Hancock L. (2019). La degradación de los bosques: por qué afecta a las personas y la vida silvestre. WWF. Recuperado 13 septiembre, 2019, de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>

- Honey-Roses J., Maurer M., Ramírez M.I. y Corbera E., (2018). Quantifying active and passive restoration in Central Mexico from 1986–2012: assessing the evidence of a forest transition. *Restoration Ecology*. 10 pp.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2019). Categorías de áreas protegidas. Recuperado 24 septiembre, 2019, de <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-%C3%A1rea-protegida>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2019). ¿Qué es un área protegida? Recuperado 24 septiembre, 2019, de <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/%C3%A1reas-protegidas/%C2%BFqu%C3%A9-es-un-%C3%A1rea-protegida>
- Kribeche H. (2014). Seguimiento de las acciones de restauración ecológica. Evaluación de su efectividad en la recuperación de los procesos funcionales del ecosistema mediterráneo sometido a la perturbación. Tesis doctoral en la Universidad de Alicante, España, 336 pp.
- Lanly P.J. (2003). Los Factores de la Deforestación y de la Degradación de los Bosques. Recuperado 12 de septiembre, 2019, de <http://www.fao.org/3/XII/MS12A-S.htm>
- Leautaud V. P. y López G. J. (2017). Detección de árboles dañados por plaga en bosques de Abies religiosa en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, mediante fotografías aéreas infrarroja. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. 12 pp.
- Little, Christian, & Lara, Antonio. (2010). Restauración ecológica para aumentar la provisión de agua como un servicio ecosistémico en cuencas forestales del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(3), 175-178. Recuperado 27 septiembre, 2019, de <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002010000300001>
- López-García J. (2007). Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006 – 2007). Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN). Agosto 2007. México, D.F.
- Lorente S. A. (2010). Ganadería y Cambio Climático: Una Influencia Recíproca. Universidad de Alicante. España. 22 pp.
- Marten G. G. (2001). Cap. 6: Ecological Succession. *Human Ecology: Basic Concepts for Sustainable Development*, 28 pp.
- Martínez Sánchez J.N. (2017). Tormentas Invernales. Análisis Estadístico con Teleconexiones Oceánico-Atmosféricas. Recuperado 26 septiembre, 2019, de https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/pronostico_invernal/2_Pronostico_tormentas_invernales_2017-2018_OMMAC_SMN.pdf

- Márquez-Huitzil R. (2005). Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración. Temas sobre restauración ecológica. 159-168 pp.
- Martínez R.E. (1996). La restauración ecológica. Ciencias, núm. 43, julio-septiembre, 56-61 pp.
- Mejía, M. M. M. 1991. Caracterización de las colonias de la mariposa monarca (*Danaus plexippus* L.) en la Reserva Especial de la Biosfera en el Estado de Michoacán, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Biología - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 133 pp.
- Miranda Trujillo A.L. (2017). Evaluación del éxito de estrategias de restauración activa y pasiva del bosque mesófilo de montaña. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A.C., 71 pp.
- Mola, I., Sopeña, A. y de Torre, R. (2018). Guía Práctica de Restauración Ecológica. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 77 pp. Recuperado 26 septiembre, 2019, de <https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/content/guia-practica-de-restauracion-ecologica>
- Monroy O. A. (2013). Áreas Naturales Protegidas, un reto mundial. Instituto de Ecología (INECOL). Recuperado 22 octubre, 2019, de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/398-areas-naturales-protegidas-un-reto-mundial>
- Nájera S.G. (2008). El ecoturismo: El caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en México. Tesis de Licenciatura (Relaciones Internacionales). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. 168 pp.
- Olivo Martínez J.A. (2018). Proyecto de Diagnostico fitosanitario y de Combate y Control de Plagas y Enfermedades Forestales. CONAFOR. 24 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (s.f.). Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Ilimatepec. El Salvador. 10 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Ilimatepec. Nota Técnica 1. La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. 10 pp.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Deslaves. Recuperado 25 septiembre, 2019, de <http://www.fao.org/emergencias/tipos-de-peligros-y-de-emergencias/deslaves/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Plagas Forestales. Conjunto de herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Recuperado 25 septiembre, 2019, de <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-pests/basic-knowledge/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). Ganado y Medio Ambiente. Recuperado 26 septiembre, 2019, de <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/Environment.html>
- Ovando N., (2018). Un tercio de las áreas protegidas del mundo están degradadas. Recuperado 25 septiembre, 2019, de <https://www.alainet.org/es/articulo/193294>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2017). Reservas de la biosfera. Recuperado 12 octubre, 2018, de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>
- Ramírez Ramírez M.I., Miranda G.R. y Zubieta H. R. (2006). Serie Cartográfica Monarca. Vol. 1 Vegetación y Cubiertas del Suelo. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
- Reforestamos México. (2018). Brechas cortafuego: qué son y para qué sirven. Recuperado 26 septiembre, 2019, de <https://www.reforestamosmexico.org/post/brechas-cortafuego-qu%C3%A9-son-y-para-qu%C3%A9-sirven>
- Rendón-Salinas E., Martínez-Meza F., Martínez-Pacheco A. y Cruz-Piña M. (2017). Superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en México durante diciembre de 2017. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 4 pp.
- Rendón-Salinas, E., F. Martínez -Meza, M. Cruz-Piña y A. Fajardo-Arroyo. (2016). Superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en México en la temporada 2016-2017. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 3 pp.
- Rendón-Salinas, E., F. Martínez -Meza y A. Fajardo-Arroyo. (2015). Superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en diciembre de 2015. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 3 pp.
- Rendón-Salinas, E., A. Fajardo-Arroyo y G. Tavera-Alonso. (2014). Superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en diciembre de 2014. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 4 pp.

- Rendón-Salinas, E. y G. Tavera-Alonso. (2013). Monitoreo de la superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en diciembre de 2013. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 5 pp.
- Rendón-Salinas, E. y G. Tavera-Alonso. (2012). Monitoreo de la superficie forestal ocupada por las colonias de hibernación de la Mariposa Monarca en diciembre de 2012. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 6 pp.
- Rendón-Salinas, E., S. Rodríguez-Mejía, M. Cruz-Piña, C. A. Valera-Bermejo y F. Martínez Meza. (2011). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2011. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 8 pp.
- Rendón-Salinas, E., C. A. Valera-Bermejo, M. Cruz-Piña y F. Martínez-Meza. (2010). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2010. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 8 pp.
- Rendón-Salinas, E., C. A. Valera-Bermejo, S. Rodríguez-Mejía y F. Martínez-Meza. (2009). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2009. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 8 pp.
- Rendón-Salinas, E., C. A. Valera-Bermejo y F. Martínez-Meza. (2008). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2008. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 8 pp.
- Rendón-Salinas, E., N. Acevedo-Hernández, S. Rodríguez -Mejía, y C. Galindo-Leal. (2007). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2007. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 8 pp.
- Rendón-Salinas, E., S. Rodríguez-Mejía, M. Cruz-Piña y C. Galindo-Leal. (2006). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2006. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 6 pp.
- Rendón-Salinas, E., A. Valera-Bermejo, M. Cruz-Piña, S. Rodríguez-Mejía y C. Galindo-Leal. (2005). Monitoreo de las colonias de hibernación de mariposa Monarca: superficie forestal de ocupación en diciembre de 2005a. WWF-México, DF, reporte inédito de WWF, 6 pp.
- Sabogal C., Besacier C. y McGuire D. (2015). Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *Unasyva* 245. Vol. 66, 8 pp.
- Sánchez O. (2005). Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. *Temas sobre restauración ecológica*. 15-29 pp.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Reservas de la Biosfera, áreas que se preservan, se disfrutan y se aprovechan sustentablemente. Recuperado 12 septiembre, 2019, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/reservas-de-la-biosfera-areas-que-se-preservan-se-disfrutan-y-se-aprovechan-sustentablemente?idiom=es>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Impactos negativos del turismo en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Recuperado, 26 septiembre, 2019, de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet0483.html
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 15 pp.
- Thompson I. (2011). Biodiversidad, umbrales ecosistémicos, resiliencia y degradación forestal. *Unasylva* 238. Vol. 62, 6 pp.
- Torres B. B., González L. G., Rustrían P. E. y Houbron E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(3), 135-146. Recuperado en 27 de septiembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000300001&lng=es&tlng=es
- Torres J.M. (2010). ProÁrbol, un programa para restaurar, manejar y conservar bosques. Cien casos de éxito. CONABIO. 102-103 pp.
- Vargas Ríos O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombia*. Vol. 16, número 2, pp. 221-246.
- Vega E. y Peters E., (2007). Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología, México. 26 pp.
- Vega Peña E.V. (2005). Algunos conceptos de la ecología y sus vínculos con la restauración. *Temas sobre restauración ecológica*. 147-158 pp.
- Vanegas L. M. (2016). Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 pp.

- Wanda W.H. (2012). Diagnóstico del estado de conservación forestal en el ejido Cerro Prieto Michoacán: Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Tesis de Licenciatura (Biología). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 106 pp.
- World Vision. (2004). Manual de Manejo de Cuencas. San Salvador: Visión Mundial El Salvador, 154 pp.
- World Wildlife Fund. (2012). Degradación y pérdida forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2011-2012. Resumen ejecutivo. 2 pp.
- World Wildlife Fund. (2013). Degradación forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2012-2013. Resumen ejecutivo. 3 pp.
- World Wildlife Fund. (2014). Degradación forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2013-2014. Resumen ejecutivo. 3 pp.
- World Wildlife Fund. (2015). Degradación forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2014-2015. Resumen ejecutivo. 3 pp.
- World Wildlife Fund. (2016). Degradación forestal en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca 2015-2016. Resumen ejecutivo. 3 pp.
- Yanguas E. y Calle A. (2015). Restauración activa: La Reforestación. Environmental Leadership & Training Initiative. 42 pp.
- Yáñez M. C. F. (2007). Las Áreas Naturales Protegidas en México, criterios para su determinación. Caso de estudio: Sierra Tarahumara, Estado de Chihuahua. México, D.F., 65 pp.
- Zamora R. (2002). La restauración ecológica: una asignatura pendiente. Ecosistemas XI, N°1, 4 pp.
- Zurrita, A.A., Badii M.H., Guillen A., Lugo Serrato O. y Aguilar Garnica J.J. (2015) Factores Causantes de Degradación Ambiental. (Factors Causing Environmental Degradation). Daena: International Journal of Good Conscience. 10(3). 1-9 pp.

Anexos.

 **UAEM** | Universidad Autónoma del Estado de México 

H. Zitácuaro, Michoacán, a 14 de febrero de 2019

Asunto: Solicitud de información indicada a continuación.

C. Biol. Felipe Martínez Meza
Director de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.
Cuahtémoc Oriente No. 34, Col. Cuahtémoc.
H. Zitácuaro, Michoacán.
Presente.

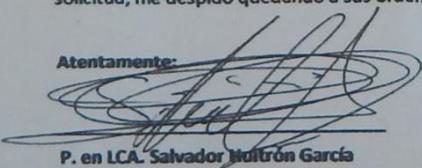
Respetable Biol. Martínez:

Me presento ante usted y ante la institución que usted dirige; como pasante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de cuenta 1323176, en proceso de titulación con el proyecto de tesis "Evaluación de las actividades de restauración ecológica realizadas en los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México durante el periodo 2012 - 2017". Uno de los objetivos de mi trabajo de investigación, es evaluar el impacto de las actividades de conservación, restauración y protección en los bosques donde hiberna la Mariposa Monarca.

Por lo anterior es que solicito de su apoyo con información sobre la inversión realizada durante el periodo 2012-2017 por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca de los siguientes programas: Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES), Programa de Vigilancia Comunitaria (PROVICOM), Programa de Empleo Temporal (PET) y Programa de Recuperación de Especies en Riesgo (PROCER), en los predios mencionados en el "Anexo 1". Aprovecho para mencionar que el proyecto de tesis está siendo financiado por el Monarch Butterfly Fund.

Sin más por el momento agradezco la atención recibida y la pronta respuesta a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes para cualquier observación.

Atentamente:


P. en LCA. Salvador Huitrón García
Universidad Autónoma del Estado de México
Teléfono: (044) 715-131-6003
Correo E: salvadorhuitron.895@hotmail.com

 **RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA**
14 FEB. 2019
RECIBIDO
HORA: 13:34 FOLIO: 014 

Anexo 1. Solicitud de información a la DRBMM.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Toluca, Estado de México, a 12 de febrero de 2019

Asunto: Solicitud de información indicada a continuación.

Ing. Felipe Morales Ramón

Suplente Legal de la Comisión Nacional Forestal en el Estado de México

Carretera México Toluca km. 53, Col. Los Patos, C.P. 52000.

Lerma de Villada, Estado de México.

Presente.

Respetable Ing. Morales:

Me presento ante usted y ante la institución que usted dirige; como pasante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de cuenta 1323176, en proceso de titulación con el proyecto de tesis "Evaluación de las actividades de restauración ecológica realizadas en los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México durante el periodo 2012 – 2017". Uno de los objetivos de mi trabajo de investigación, es evaluar el impacto de las actividades de conservación, restauración y protección en los bosques donde hiberna la Mariposa Monarca.

Por lo anterior es que solicito de su apoyo con información de las acciones realizadas en materia de incendios, plagas, árboles derribados por viento, tala clandestina, deslizamientos, turismo, ganadería y extracción de semilla para producción de viveros, además de las acciones realizadas para combatir el deterioro forestal como es la regeneración natural, reforestaciones, vigilancia comunitaria, saneamiento, obras de conservación de suelos, brechas cortafuego, acomodo de material combustible, en los predios mencionados en el "Anexo 1".

Sin más por el momento agradezco la atención recibida y la pronta respuesta a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes para cualquier observación.

Atentamente:

P. en LCA. Salvador Huitrón García

Universidad Autónoma del Estado de México

Teléfono: (044) 715-131-6003

Correo E: salvadorhuitron.895@hotmail.com



Anexo 2. Solicitud de información a CONAFOR-Estado de México.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Toluca, Estado de México, a 12 de febrero de 2019

Asunto: Solicitud de información indicada a continuación.

C. Lic. Edgar Conzuelo Contreras

Director General de La Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE)

Rancho Guadalupe S/N, Conjunto SEDAGRO.

Metepec, Estado de México.

Presente.

000408

Respetable Lic. Conzuelo:

Me presento ante usted y ante la institución que usted dirige; como pasante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de cuenta 1323176, en proceso de titulación con el proyecto de tesis "Evaluación de las actividades de restauración ecológica realizadas en los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México durante el periodo 2012 – 2017". Uno de los objetivos de mi trabajo de investigación, es evaluar el impacto de las actividades de conservación, restauración y protección en los bosques donde hiberna la Mariposa Monarca.

Por lo anterior es que solicito de su apoyo con información de las acciones realizadas en materia de incendios, plagas, árboles derribados por viento, tala clandestina, deslizamientos, turismo, ganadería y extracción de semilla para producción de viveros, además de las acciones realizadas para combatir el deterioro forestal como es la regeneración natural, reforestaciones, vigilancia comunitaria, saneamiento, obras de conservación de suelos, brechas cortafuego, acomodo de material combustible, en los predios mencionados en el "Anexo 1".

Sin más por el momento agradezco la atención recibida y la pronta respuesta a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes para cualquier observación.

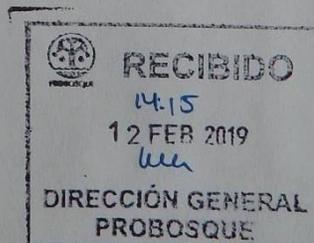
Atentamente:

P. en LCA. Salvador Huitrón García

Universidad Autónoma del Estado de México

Teléfono: (044) 715-131-6003

Correo E: salvadorhuitron.895@hotmail.com



Anexo 3. Solicitud de información a PROBOSQUE.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Toluca, Estado de México, a 12 de febrero de 2019

Asunto: Solicitud de información indicada a continuación.

C. Lic. Anna Sofía Manzur García Maass

Directora General de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) del
Gobierno del Estado de México.

Carretera Metepec - Santa María Nativitas km 7.

Calimaya, Estado de México.

Presente.

Respetable Lic. Manzur:

Me presento ante usted y ante la institución que usted dirige; como pasante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de cuenta 1323176, en proceso de titulación con el proyecto de tesis "Evaluación de las actividades de restauración ecológica realizadas en los sitios de hibernación de la Mariposa Monarca en México durante el periodo 2012 - 2017". Uno de los objetivos de mi trabajo de investigación, es evaluar el impacto de las actividades de conservación, restauración y protección en los bosques donde hiberna la Mariposa Monarca.

Por lo anterior es que solicito de su apoyo con información de las acciones realizadas en materia de incendios, plagas, árboles derribados por viento, tala clandestina, deslizamientos, turismo, ganadería y extracción de semilla para producción de viveros, además de las acciones realizadas para combatir el deterioro forestal como es la regeneración natural, reforestaciones, vigilancia comunitaria, saneamiento, obras de conservación de suelos, brechas cortafuego, acomodo de material combustible, en los predios mencionados en el "Anexo 1".

Sin más por el momento agradezco la atención recibida y la pronta respuesta a la presente solicitud, me despido quedando a sus órdenes para cualquier observación.

Atentamente:

P. en LCA: Salvador Huitrón García
Universidad Autónoma del Estado de México
Teléfono: (044) 715-131-6003
Correo E: salvadorhuitron.895@hotmail.com



Anexo 4. Solicitud de información a CEPANAF.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Buenavista	Michoacán de Ocampo	Contepec	Lerma-Santiago	13212.83	65.63	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo de los predios que están dentro de la microcuenca. (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
236.54	244.47	1160	384	205.74		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Cerritos Cárdenas	Ejido	México	310.83	90.51	13.97	76.54
Contepec	Ejido	Michoacán	935.06	403.45	216.77	135.02
El Encino	Ejido	Michoacán	32.91	32.91	0	32.91
Pueblo Nuevo Solís	Ejido	México	468.72	5.76	5.76	0
Localidades dentro de la microcuenca						

Anexo 5. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Buenavista.

Número de localidades		Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población		
20		0	20	Tepetongo, Contepec, Michoacán de Ocampo.		
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica		Número de corrientes de agua		Perennes	Intermitentes	
RH12Ag		219		0	216	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros				17		
Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Contepec	Michoacán de Ocampo	Contepec	Lerma-Santiago	5661.22	50.24	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
241	196.87	462	280	194		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Contepec	Ejido	Michoacán	935.06	445.37	241	196.87
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades		Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población		

17	2	15	Contepec, Contepec, Michoacán de Ocampo	
Características hidrológicas dentro de la microcuenca				
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua	Perennes	Intermitentes	
RH12Ag	86	0	86	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca				
Número de registros		20		

Anexo 6. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Contepec.

Nombre de la Microcuenca		Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)
Crescencio Morales		Michoacán de Ocampo	Zitácuaro	Balsas	7567.96	49.26
Superficie protegida (ha)			Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)			
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
2238.81	3982.16	9386	6277	7397.17		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
San Joaquín Lamillas	Ejido	México	861.81	120.78	0	120.78
Zona en Litigio (1)		México	218.83	205.66	205.23	0

San Juan Palo Seco	Ejido	México	916.51	4.83	0	4.83
San Pablo Malacatepec	Comunidad Indígena	México	1287.77	5.11	3.00	2.11
El Depósito	Ejido	México	2237.36	2.97	2.97	0
Cuesta del Carmen	Ejido	México	1436.64	374.49	0	374.49
Crescencio Morales	Comunidad Indígena	Michoacán	4654.88	4260.41	1127.90	2935.30
Crescencio Morales	Ejido	Michoacán	1725.04	1396.32	874.16	522.16
Francisco Serrato	Comunidad Indígena	Michoacán	883.85	26.92	14.46	10.61
La Mesa	Ejido	México	2021.88	5.33	5.33	0
Las Dalias	Pequeña Propiedad	México	2646.32	11.53	0	11.53
Nicolás Romero	Comunidad Indígena	Michoacán	1997.91	6.36	5.76	0.35
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población			
9	0	9	Crescencio Morales, Zitácuaro, Michoacán de Ocampo			
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua		Perennes		Intermitentes	
EH18Gb-RH18Gc	226		59		167	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros					65	

Anexo 7. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Crescencio Morales.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Heroica Zitácuaro	Michoacán de Ocampo	Zitácuaro	Balsas	11306.70	52.81	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
1034.14	2026.25	6448	3746	2730.22		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
El Capulín	Ejido	México	2525.12	49.50	49.45	0.00
San Miguel Chichimequillas	Ejido	Michoacán	802.39	334.40	0.00	316.95
Nicolás Romero	Comunidad Indígena	Michoacán	1997.91	1917.76	929.66	883.86
San Juan Zitácuaro	Comunidad Indígena	Michoacán	116.03	116.03	0.00	109.02
Crescencio Morales	Comunidad Indígena	Michoacán	4654.88	367.05	0.03	360.32
San Juan Zitácuaro	Ejido	Michoacán	692.75	356.74	0.00	356.10
Nicolás Romero	Ejido	Michoacán	592.47	55.00	55.00	0.00
Localidades dentro de la microcuenca						

Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población	
40	2	38	Heroica Zitácuaro, Zitácuaro, Michoacán de Ocampo	
Características hidrológicas dentro de la microcuenca				
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua	Perennes	Intermitentes	
RH18Gb	299	49	250	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca				
Número de registros			31	

Anexo 8. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Heroica Zitácuaro.

Nombre de la Microcuenca		Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)
Jesús de Nazareno (Hda. de Jesús de Nazareno)		Michoacán de Ocampo	Angangueo	Balsas	4260.2	30.29
Superficie protegida (ha)			Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)			
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
615.64	1959.61	4282	2463	2613		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Angangueo	Ejido	Michoacán	4124.78	279.52	42.17	207.62

Hervidero y Plancha	Ejido	Michoacán	1084.17	918.62	246.47	628.78
Cerro Prieto	Ejido	Michoacán	301.02	52.23	52.23	0
Jesús Nazareno	Ejido	Michoacán	205.14	182.07	148.85	33.22
Propiedad Estatal	Estatal	Michoacán	113.79	109.69	109.85	0
Propiedad Federal	Federal	Michoacán	599.39	6.49	6.49	0
Rincón de Soto	Pequeña Propiedad	Michoacán	195.94	160	9.95	150.05
Rondanilla	Ejido	Michoacán	554.95	554.96	0	469.62
Arroyo Seco	Ejido	Michoacán	176.52	125.70	0	125.13
Propiedad Privada	Pequeña Propiedad	Michoacán	2690.67	374.46	0	344.48
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades		Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población		
6		0	6	La Rondanilla, Anganguero, Michoacán de Ocampo		
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica		Número de corrientes de agua		Perennes		Intermitentes
RH18Gc		109		26		83
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros				132		

Anexo 9. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Jesús de Nazareno.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Mineral de Angangueo	Michoacán de Ocampo	Angangueo	Balsas	4729.71	34.47	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo por predio (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
766.37	3629.92	3614	1947	3389.13		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Angangueo	Ejido	Michoacán	4124.78	3348.54	96.00	2938.55
El Rosario	Ejido	Michoacán	2683.71	725.94	333.20	392.74
Catingo IV	Pequeña Propiedad	México	128.53	5.85	5.85	0
Cerro Prieto	Ejido	Michoacán	301.02	70.22	70.22	0
Los Remedios	Ejido	Michoacán	172.48	77.54	77.54	0
Catingo I y II	Pequeña Propiedad	México	282.25	10.11	10.11	0
Ocampo	Ejido	Michoacán	844.82	227.50	0	227.50
Rosa de Palo Amarillo	Ejido	México	840.05	44.98	19.43	25.55

Santa Ana	Ejido	Michoacán	222.53	176.49	130.91	45.58
Catingo III	Pequeña Propiedad	México	163.54	23.11	23.11	0
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población			
16	1	15	Mineral de Angangueo, Angangueo, Michoacán de Ocampo			
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua		Perennes		Intermitentes	
RH12Af-RH18Gc	135		57		78	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros				20		

Anexo 10.- Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Mineral de Angangueo.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Ocampo	Michoacán de Ocampo	Ocampo	Balsas	8996.23	56.36	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
1387.81	4551.93	8705	7212	7627.92		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).

La Mesa	Ejido	México	2021.88	446.80	446.80	0.00
Anganguero	Ejido	Michoacán	4124.78	496.73	0	383.00
Asoleadero	Ejido	Michoacán	1468.48	1468.04	288.00	1180.04
Crescencio Morales	Ejido	Michoacán	1724.96	11.55	11.55	0.00
El Paso	Ejido	Michoacán	451.33	430.96	0	430.68
El Rosario	Ejido	Michoacán	2683.71	1830.54	504.43	1326.97
El Sauco y el zopilote	Pequeña Propiedad	México	419.51	0.22	0	0.29
Emiliano Zapata	Ejido	Michoacán	366.02	363.00	0	353.35
Francisco Serrato	Comunidad Indígena	Michoacán	883.85	32.33	32.31	0
Francisco Serrato	Ejido	Michoacán	265.87	197.42	0	197.05
Donaciano Ojeda	Comunidad Indígena	Michoacán	2137.27	50.81	50.81	0
San Cristóbal	Comunidad Indígena	Michoacán	1564.57	309.51	50.43	251.35
San Joaquín Lamillas	Ejido	México	861.81	8.65	0	8.65
Ocampo	Ejido	Michoacán	844.82	617.33	0	420.55
Rancho Verde	Pequeña Propiedad	México	227.36	3.48	3.48	0
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades		Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población		
26		2	24	Ocampo, Ocampo, Michoacán de Ocampo		
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica		Número de corrientes de agua		Perennes		Intermitentes
RH18Gc		206		76		130
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros				137		

Anexo 11. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Ocampo.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
San Francisco Curungueo (Curungueo)	Michoacán de Ocampo	Zitácuaro	Balsas	11217.31	54.56	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
506.99	448.06	2151	1943	661		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Donaciano Ojeda	Comunidad Indígena	Michoacán	2137.27	49.09	43.21	6.56
Curungueo	Comunidad Indígena	Michoacán	289.57	289.57	186.05	90.44
Carpinteros	Comunidad Indígena	Michoacán	559.74	480.36	217.56	225.78
San Felipe los Alzati	Comunidad Indígena	Michoacán	205.94	167.44	29.16	125.28
San Cristóbal	Comunidad Indígena	Michoacán	1564.57	31.01	31.01	0
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población			

46	2	44	San Felipe los Alzati, Zitácuaro, Michoacán de Ocampo	
Características hidrológicas dentro de la microcuenca				
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua	Perennes	Intermitentes	
RH18Gb-RH18Gc	315	65	250	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca				
Número de registros		32		

Anexo 12. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca San Francisco Curungueo.

Nombre de la Microcuenca		Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)
San Juan Xoconusco		Estado de México	Donato Guerra	Balsas	6987.68	41.65
Superficie protegida (ha)			Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)			
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
844.56	1995.64	3064	920	1110.47		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
San Juan Xoconusco	Comunidad Indígena	México	2525.78	1407.81	69.91	1296.69
El Capulín	Ejido	México	2525.12	2109.82	648.95	698.73
Nicolás Romero	Ejido	Michoacán	592.47	125.92	125.70	0.22

Localidades dentro de la microcuenca			
Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población
11	1	10	San Juan Xoconusco, Donato Guerra, México
Características hidrológicas dentro de la microcuenca			
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua	Perennes	Intermitentes
RH18Gg	168	22	146
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca			
Número de registros			44

Anexo 13. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca San Juan Xoconusco.

Nombre de la Microcuenca	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Superficie total de la microcuenca (ha)	Perímetro (km)	
Senguio	Michoacán de Ocampo	Senguio	Lerma-Santiago	8553.53	44.55	
Superficie protegida (ha)		Total de vegetación y cubiertas del suelo (ha) (Ramírez I. et al. 2006)				
Zona núcleo	Zona de amortiguamiento	Bosques densos	Bosques perturbados y vegetación arbustiva	Cultivos, pastizales y otras cubiertas		
1739.02	2272.77	6446	1626	683.91		
Núcleos agrarios dentro de la microcuenca						
Nombre del Núcleo agrario	Tenencia	Estado	Superficie del Núcleo agrario en la RBMM (ha)	Superficie del Núcleo agrario dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona núcleo dentro de la microcuenca (ha)	Superficie del Núcleo agrario en Zona de amortiguamiento dentro de la microcuenca (ha).
Hervidero y Plancha	Ejido	Michoacán	1084.17	24.21	24.21	0
Cerro Prieto	Ejido	Michoacán	301.02	13.28	13.28	0

Jesús de Nazareno	Ejido	Michoacán	205.14	23.08	22.61	0
Propiedad Estatal	Estatal	Michoacán	113.79	3.95	3.95	0
Propiedad Federal	Federal	Michoacán	599.39	404.30	404.30	0
Rincón de Soto	Pequeña Propiedad	Michoacán	195.94	35.94	21.76	13.96
Senguio	Ejido	Michoacán	716.64	716.64	438.21	271.57
San Francisco de los Reyes	Ejido	Michoacán	670.44	99.52	0	99.52
Propiedad Privada	Pequeña Propiedad	Michoacán	2690.67	1381.07	0	1272.33
El Calabozo I	Ejido	Michoacán	547.58	498.69	273.75	176.16
El Calabozo II	Ejido	Michoacán	544.51	490.30	353.56	79.72
Tupataro	Comunidad Indígena	Michoacán	368.21	192.67	0	184.12
Chincua	Ejido	Michoacán	368.94	198.92	183.39	15.53
Carindapaz	Ejido	Michoacán	312.05	301.51	0	56.14
San José Corrales	Ejido	Michoacán	787.89	53.01	0	53.01
Arroyo Seco	Ejido	Michoacán	176.52	50.82	0	50.70
Localidades dentro de la microcuenca						
Número de localidades	Urbanas	Rurales	Localidad con mayor población			
20	1	19	Senguio, Senguio, Michoacán de Ocampo			
Características hidrológicas dentro de la microcuenca						
Clave hidrológica	Número de corrientes de agua		Perennes		Intermitentes	
RH12Af	218		78		140	
Registros de colonias de Mariposa Monarca dentro de la microcuenca						
Número de registros				24		

Anexo 14. Caracterización hidrológica, social y ambiental de la Microcuenca Senguio.